

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής

Παναγιώτης Νικ. Γουβιώτης

**Δίκτυα εντομοστεγανότητας σε θερμοκήπιο. Διερεύνηση της
επίδρασής τους στο μικροκλίμα και στην ανάπτυξη καλοκαιρινής
καλλιέργειας τομάτας**

2002



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 948/1
Ημερ. Εισ.: 01-07-2003
Δωρεά: _____
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
635.982
ΓΟΥ

**«Δίχτυα εντομοστεγανότητας σε θερμοκήπιο. Διερεύνηση της
επίδρασής τους στο μικροκλίμα και στην ανάπτυξη καλοκαιρινής
καλλιέργειας τομάτας»**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΩΝ/ΝΟΣ ΚΙΤΤΑΣ Καθηγητής του Π.Θ. με γνωστικό αντικείμενο τις «Γεωργικές Κατασκευές» Επιβλέπων

ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΣΙΤΣΙΠΗΣ Καθηγητής του Π.Θ. με γνωστικό αντικείμενο την «Εντομολογία» Μέλος

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΝΑΝΟΣ Επίκουρος Καθηγητής του Π.Θ. με γνωστικό αντικείμενο τη «Δενδροκομία» Μέλος

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η καλλιέργεια των φυτών στο θερμοκήπιο, έχει ως στόχο την προστασία τους από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Παρ' όλα αυτά όμως, οι συνθήκες που δημιουργούνται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ευνοούν την ανάπτυξη διαφόρων εντόμων, εχθρών των καλλιεργειών, τα οποία είναι σε θέση να προξενήσουν σημαντική οικονομική ζημιά, καθώς δρουν περιοριστικά στην ομαλή ανάπτυξη των καλλιεργειών (Hussey et al., 1969, αναφορά από Berlinger, 1996).

Ο έλεγχος των εντόμων με χημικά στο εσωτερικό των θερμοκηπίων, γίνεται ολοένα και πιο δύσκολος. Το μειωμένο εύρος των εντομοκτόνων, το υψηλό κόστος δημιουργίας νέων καθώς και η ανθεκτικότητα των εντόμων σε αυτά, καθιστούν τα χημικά μέσα αναποτελεσματικά για τον έλεγχο των εντομολογικών προσβολών. Επιπλέον, όσον αφορά τα θερμοκήπια, ορισμένα εντομοκτόνα έχουν καταστρεπτική επίδραση στα πλαστικά υλικά κάλυψης (Desjacs, 1991).

Την τελευταία δεκαετία, σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο προβληματισμό σχετικά με τη ρύπανση του περιβάλλοντος, τις απαιτήσεις για τροφές χωρίς υπολείμματα φυτοφαρμάκων, το θέμα της προστασίας της υγείας των παραγωγών, καθώς και την ανάγκη για μείωση του κόστους παραγωγής, εφαρμόζεται όλο και περισσότερο η «ολοκληρωμένη διαχείριση» των εντόμων (Integrated Pest Management, IPM), η οποία περιλαμβάνει τη χρήση παρασιτοειδών, αρπακτικών, ανθεκτικών στα έντομα φυτών, καλλιεργητικών πρακτικών (κανονική λίπανση, άρδευση, υγιεινή των φυτών) τη χρήση μηχανικών μεθόδων εντομοπροστασίας. Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας είναι χυτά, πλεκτά ή διάτρητα υλικά κάλυψης τα οποία τοποθετούνται στα ανοίγματα των θερμοκηπίων με σκοπό να παρεμποδίσουν την είσοδο των εντόμων και συγκαταλέγονται μεταξύ των φυσικών (ή μηχανικών) μεθόδων εντομοπροστασίας (Berlinger and Lebiush-Mordechai, 1995). Είναι φανερό, με βάση τα παραπάνω, πως τα δίχτυα είναι δυνατόν να λειτουργήσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνεται η εφαρμογή οργανικής ή βιολογικής καλλιέργειας τομάτας (π.χ. επικονίαση με βομβίνους, βιολογική καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών κ.α.) (Berlinger and Lebiush-Mordechai, 1995).

Η χρησιμοποίηση δικτύων εντομοστεγανότητας στα ανοίγματα αερισμού των θερμοκηπίων έχει εξαπλωθεί σημαντικά τα τελευταία 5 χρόνια στα θερμοκήπια

των Μεσογειακών κυρίως χωρών, όπου τα εντομολογικά προβλήματα είναι πιο έντονα (Berlinger et al., 1999). Παρά την ταχεία εξάπλωσή τους, η οποία αποτελεί ένδειξη ευνοϊκών οικονομικών αποτελεσμάτων για τους παραγωγούς, η τελική επίδρασή τους στην παραγωγικότητα της καλλιέργειας και στη μείωση της χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων δεν έχει αποτελέσει μέχρι σήμερα αντικείμενο ολοκληρωμένης διερεύνησης και τα διαθέσιμα ερευνητικά αποτελέσματα είναι αποσπασματικά (Berlinger et al., 1999).

Η δομή της εργασίας όπως θα παρουσιαστεί έχει ως εξής:

Μετά την εισαγωγική αναφορά για τη σημασία των διχτύων εντομοστεγανότητας στην καλλιέργεια τομάτας θερμοκηπίου, στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα υλικά και οι μέθοδοι με τις οποίες πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο η συζήτηση τους. Στο τελευταίο μέρος της εργασίας αναφερόμαστε στα συμπεράσματα και τις προοπτικές που διαφαίνονται μελλοντικά, σχετικά με τη χρήση και την εξάπλωση των διχτύων εντομοστεγανότητας στην αντιμετώπιση των διαφόρων επιβλαβών για τα φυτά εντόμων στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισης εντόμων (IPM).

Για την διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας, ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνονται στον υπεύθυνο επιβλέποντα καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κίττα για τη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθειά του. Επιπλέον στους συνεπιβλέποντες καθηγητές κ. Ιωάννη Τσιτσιπή και Γ. Νάνο για το ενδιαφέρον τους στην οργάνωση του πειράματος, στον κ. Παναγιώτη Γιαγλάρα για την καθοδήγηση, επίβλεψη και ενεργό συμμετοχή σε όλη τη διαδικασία εκτέλεσης της παρούσας εργασίας, στον κ. Νίκο Κατσούλα και κ. Θωμά Μπαρτζάνα για την βοήθεια και ηθική υποστήριξη τους και τέλος στην κ. Στεργιοπούλου Σταυρούλα για την πολύτιμη βοήθεια στη λήψη των μετρήσεων και τη συμπαράστασή της καθόλη τη διάρκεια του πειράματος. Τέλος, απευθύνονται ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας.

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση των δίχτυων εντομοστεγανότητας (δ.ε) στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και στην ανάπτυξη της καλλιέργειας τομάτας. Το πείραμα διεξήχθη στο Αγρόκτημα του Παν/μιου στο Βελεστίνο με δύο απλά τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια στο ένα εκ των οποίων τοποθετήθηκε δίχτυ εντομοστεγανότητας (55x27mesh) στην οροφή και στα πλαϊνά παράθυρα (NET) και το άλλο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (CON). Το πείραμα διεξήχθη κατά το χρονικό διάστημα από 5/5/2000 έως και 4/8/2000. Για το χρονικό αυτό διάστημα μετρήθηκαν: η ηλιακή ακτινοβολία, σχετική υγρασία και θερμοκρασία αέρα στον εξωτερικό χώρο και στο εσωτερικό των θερμοκηπίων. Για την ανάπτυξη των φυτών τομάτας μετρήθηκαν περιοδικά το ύψος, ο αριθμός των κόμβων, μήκος φύλλου, αριθμός ταξιανθιών, διάμετρος καρπών, φυλλική επιφάνεια και ξηρά ουσία ολόκληρων φυτών. Το δ.ε. δεν προκάλεσε ουσιαστική τροποποίηση του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Το δ.ε. προκάλεσε μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας κατά 13,26% επιπλέον της μείωσης από το υλικό κάλυψης. Διαφορές μεταξύ θερμοκρασίας είχαμε έως και 2-3 °C. Ενώ για τη σχετική υγρασία δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων. Αυτή η μικρή μόνο τροποποίηση του κλίματος του θερμοκηπίου είχε σαν αποτέλεσμα να μην επηρεαστεί η ανάπτυξη των φυτών τομάτας ανά στάδιο καλλιέργειας και συνολικά. Τέλος, αναπτύχθηκαν εξισώσεις με τις οποίες μπορεί να εκτιμηθεί η φυλλική επιφάνεια του φυτού τομάτας και η ξηρά ουσία που συσσωρεύεται στον καρπό βάσει απλών μη καταστροφικών μετρήσεων. Άλλες συσχετίσεις κατέληξαν σε εξισώσεις υπολογισμού της παραγόμενης ξηράς ουσίας από το άθροισμα της ακτινοβολίας ή της θερμοκρασίας σε κάθε θερμοκήπιο.

Influence of insect screens on greenhouse microclimate and on tomato crop growth and production

Abstract

The objective of this work was to study the influence of insect screens on greenhouse microclimate and on crop growth and production. On this purpose measurements were carried out on two round arch; plastic covered greenhouses, located in Velestino; Easter Greece, during spring and summer of 2000. An insect screen of a 55X27 mesh was used in the ventilation openings (side and roof) of one of the two greenhouses while the second greenhouse was used for reference. Concerning the microclimate, inside and outside air temperature, relative humidity and solar radiation were continuously monitored while plant height, number of nobes, number of inflorescences, leaf length, leaf area, fruit diameter and dry matter production were measured every weak. The results showed that the use of the insect screen induced a mean daily temperature deference of about 2-3°C between the two greenhouses, with the higher temperature observed as expected in the greenhouse with the insect screen in the ventilation openings. There were not found significant differences between the humidity of the two greenhouses. Analysis of the growth measurements showed that these microclimate differences between the two greenhouses did not affected the crop growth and production. Finally, an equation relating the dry matter production to solar energy or to thermal units was developed.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
Περίληψη	5
Abstract.....	6
Περιεχόμενα	7
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	9
1. Εισαγωγή	9
1.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμενων διχτύων	9
Περιγραφή.....	10
1.2 Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τη φυτοπροστατευτική δράση των διχτύων εντομοστεγανότητας.....	11
1.3 Η επίδραση των διχτύων εντομοστεγανότητας στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου.....	12
1.4 Επίδραση των διχτύων στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας.....	14
1.5 Επίδραση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας	15
1.6 Σημασία της καλλιέργειας τομάτας στο θερμοκήπιο.....	16
1.7 Σκοπός της εργασίας	19
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	20
2 Υλικά και Μέθοδοι.....	20
2.1.1 Προετοιμασία φυτικού υλικού.....	21
2.1.2 Μεταφύτευση.....	21
2.1.2.1 Μεταφύτευση σε γλαστράκια.....	21
2.1.2.2 Μεταφύτευση στο θερμοκήπιο.....	21
2.1.3 Καλλιεργητική τεχνική.....	23
2.2 Μετρήσεις.....	25
2.2.1 Κλιματικές.....	25
2.2.2 Αύξηση & Ανάπτυξη των φυτών.....	25
2.2.3 Σύγκριση κλίματος & ανάπτυξης	28
3 Αποτελέσματα.....	29
3.1 Εκτίμηση της φυλλικής επιφάνειας και της ξηράς ουσίας.....	29
3.2 Μετρήσεις ανάπτυξης	29

3.2.1	Σύγκριση καταστροφικών μετρήσεων	29
3.2.2	Σύγκριση μη καταστροφικών μετρήσεων	34
3.3	Κλιματικές μετρήσεις	41
3.3.1	Σύγκριση κλιματικών δεδομένων	41
3.3.1.1	Μετρήσεις 24ώρου	41
3.3.1.2	Μετρήσεις κατά τη διάρκεια της νύχτας	48
3.3.1.3	Μετρήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας	52
3.3.2	Σύγκριση κλίματος και ανάπτυξης των φυτών	55
4	Συζήτηση	57
4.1	Ανάπτυξη της καλλιέργειας	57
4.1.1	Μη καταστροφικές μετρήσεις	57
4.1.2	Καταστροφικές μετρήσεις	58
4.2	Κλιματικά δεδομένα	59
4.2.1	Ακτινοβολία – Θερμοκρασία – Σχετική Υγρασία	59
4.2.2	Σχέση ηλιακής ακτινοβολίας και ξηράς ουσίας	61
4.2.3	Σχέση θερμοκρασίας και ξηράς ουσίας	61
5	Συμπεράσματα	62
6	Βιβλιογραφία	63

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Εισαγωγή

1.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμενων διχτύων

Η πυκνότητα των δικτύων, είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό το οποίο μας ενδιαφέρει. Με τον όρο πυκνότητα εννοούμε, τον αριθμό οπών ανά τετρ. ίντσα (mesh). Όταν το σχήμα των οπών δεν είναι τετράγωνο, το mesh προσδιορίζεται και για τις δύο διαστάσεις του διχτύου. Τα δίχτυα κατασκευάζονται από διάφορους τύπους υλικών, με πιο πρακτικό το δίχτυ από ίνες πολυαιθυλενίου και πολυεστέρα. Το μειονέκτημα των υλικών αυτών είναι η μειωμένη αντοχή τους σε σύγκριση με τα μεταλλικά δίχτυα. Τα δίχτυα από πολυεστέρα (πολυμερές της ρητίνης) έχουν μικρές οπές και ως εκ τούτου είναι σε θέση να αποκλείσουν μικρά έντομα, αλλά αλλοιώνονται ευκολότερα από το ηλιακό φως από ότι τα δίχτυα πολυαιθυλενίου (θερμοπλαστικό πολυμερές). Τα δύο αυτά υλικά είναι δυνατόν να υποστούν ειδική χημική επεξεργασία, έτσι ώστε να παρεμποδιστεί η δομική τους αλλοίωση, αλλά οι παρεμποδιστές φαίνεται να ευνοούν περισσότερο το πολυαιθυλένιο από τον πολυεστέρα (Baker et al., 1996).

Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας μπορεί να διακριθούν σε δύο επιπλέον κατηγορίες: α) τα συμβατικά και β) τα βιοδίχτυα (bionets). Η διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι τα πρώτα, βασίζονται σε μηχανικές ιδιότητες για τον αποκλεισμό των εντόμων από το θερμοκήπιο, ενώ τα βιοδίχτυα απορροφούν μέρος της UV ακτινοβολίας και κατ' αυτόν τον τρόπο συνδυάζουν οπτικές και μηχανικές ιδιότητες παρεμπόδισης των εντόμων, καθόσον η UV ακτινοβολία επιδρά στην όραση των εντόμων, περιορίζοντάς ή ελαττώνοντάς την. Μερικοί από τους τύπους που είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο είναι οι εξής:

1. ΦΙΛΑΜ: διάτρητο φύλλο πολυαιθυλενίου (Vispore screen) σε δύο σχηματισμούς: α) 400 mesh και β) 1600 mesh (το οποίο δεν είναι πια διαθέσιμο).
2. ΔΙΚΤΥΩΤΑ (Spunbonded)ΥΛΙΚΑ: Flybarr, είναι σκελετός υφασμένος με πλαστική θηλιά που του δίνει σθένος. Tubar, είναι υλικό πολυπροπυλενίου που είναι πολύ ανθεκτικό στην υποβάθμιση από το υπεριώδες φως, ανθεκτικό

στον αέρα για μεγαλύτερη επιφάνεια καλυμμένη με δίχτυ. Remay, υλικό πολυαιθυλενίου το οποίο έχει λιγότερη αντίσταση στον αέρα και χρησιμοποιείται πολύ στον καπνό.

3. WOVEN-ΥΦΑΣΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ: διαθέσιμα είναι υλικά από αλουμίνιο, το Chicopee 32 και Chicopee 52. Επίσης, το Pac 32, 52 και 87. Το Pac 87 είναι πολυαιθυλένιο καλυμμένο με ακρυλικό για ανοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία. Επιπλέον το Bed bug 123 και 85 (Baker et al., 1993).

Στον πίνακα 1 και 2 μπορούμε να δούμε διάφορους τύπους δικτύων που χρησιμοποιούνται στο εμπόριο.

Πίνακας 1. Περιγραφή 9 τύπων δικτύων με το εμπορικό τους όνομα και το πορώδες αυτών (το πορώδες υπολογίστηκε με τη βοήθεια μικροσκοπίου).

Δείγμα	Περιγραφή	Εμπορικό Όνομα	Πορώδες
1	Πολυεστερικό δίχτυ εντομοστεγανότητας με ορθογώνιες οπές	Econet F	$0,34 \pm 0,030$
2	Πολυεστερικό δίχτυ εντομοστεγανότητας με ορθογώνιες οπές	Econet SF	$0,26 \pm 0,040$
3	Πολυεστερικό θερμικό υφασμένο δίχτυ	EH/P	$0,09 \pm 0,011$
4	Θερμικό δίχτυ με παράλληλες λωρίδες πολυαιθυλενίου	LS 10	$0,09 \pm 0,017$
5	Θερμικό δίχτυ με παράλληλες λωρίδες πολυαιθυλενίου	LS 10 Plus	$0,06 \pm 0,019$
6	Θερμικό δίχτυ με παράλληλες λωρίδες πολυαιθυλενίου	SLS 10	$0,06 \pm 0,014$
7	Πολυεστερικό θερμικό υφασμένο δίχτυ	Phormilux	$0,05 \pm 0,013$
8	Θερμικό δίχτυ με παράλληλες λωρίδες πολυαιθυλενίου	SLS 10 Ultra	$0,05 \pm 0,017$
9	Πολυεστεριό θερμικό υφασμένο δίχτυ ενισχυμένο με κλωστή	PH 20	$0,05 \pm 0,016$

Πηγή: A. F. Miguel et al., 1997

Πίνακας 2. Διάφοροι τύποι δίχτυων εντομοστεγανότητας, ταξινομημένοι από το μικρότερο στο μεγαλύτερο εύρος οπής (ο προσδιορισμός του μήκους και του πλάτους, έγινε με τη βοήθεια μικροσκοπίου).

Δίχτυ εντομοστεγανότητας	Μέγεθος οπής (πλάτος x μήκος)	Μακροβιότητα	Πλάτος νήματος	Πηγή
	Μικρόμετρα (μ.m)	Έτη	μ.m	
No-Thrip	134x134	3	175	Geen Tek
Bug Bed 123	135x135	3	75	Naz-Dar
Econet T	150x450	5	175	LS Americas
Bug Bed 85	200x200	3	112	Naz-Dar
Anti Virus Net	239x822	8	300	Geen Tek
50062 280	296x296	5-7	225	Lumite
50094 435	340x340	5-7	275	Lumite
Durascreen	405x730	3-5	275	Durageen
Econet M	470x470	-	250	LS Americas
50060 435	546x546	5-7	275	Lumite
Econet L	659x659	5	212	LS Americas

Πηγή: Bethke, 1994

1.2 Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τη φυτοπροστατευτική δράση των δίχτυων εντομοστεγανότητας

Γενικά, τα δίχτυα εντομοστεγανότητας έχουν ως σκοπό την παρεμπόδιση της εισόδου επιβλαβών εντόμων στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, τα οποία εκτός από τις μηχανικές βλάβες που προκαλούν στα διάφορα μέρη του φυτού (βλαστοί, φύλλα, άνθη, καρποί), είναι και φορείς ιών, επικίνδυνων για την υγεία των φυτών.

Η προστασία των καλλιεργειών από τα έντομα στη λεκάνη της Μεσογείου θεωρείται σημαντικότερη από ότι η προστασία αυτών από τις καιρικές συνθήκες (Berlinger et al., 1999), γι' αυτό το λόγο πολλοί παραγωγοί χρησιμοποιούν τα δίχτυα για τον αποκλεισμό των εντόμων. Τα δίχτυα μειώνουν την είσοδο των εντόμων στο εσωτερικό των θερμοκηπίων και συνεπώς προστατεύουν τις καλλιέργειες με παράλληλη μείωση των εντομοκτόνων, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος (Teitel, 2001).

Η χρήση των διχτύων εντομοστεγανότητας προορίζεται κυρίως για τον αποκλεισμό των αφίδων, αλευρώδη και θρίπα τα οποία είναι πολύ ανθεκτικά στα εντομοκτόνα (Baker et al., 1993).

Οι Bethke and Payne (1990) προσπάθησαν να προσδιορίσουν, μέσω εργαστηριακών δοκιμών, την αποτελεσματικότητα διαφόρων διχτύων εντομοστεγανότητας για τα 5 κύρια έντομα των θερμοκηπίων (*Liriomyza trifolii*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci*, *Frankliniella occidentalis*). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αποκλεισμός των εντόμων εξαρτάται από τη γεωμετρία της οπής των διχτύων και τον τρόπο με τον οποίο οι οπές έχουν σχεδιαστεί. Οι επιφάνειες των οπών που βρέθηκαν να είναι καταλληλότερες ήταν: 640 μm για το *L. trifolii*, 341 μm για το *A. gossypii*, 462 μm για το *B. tabaci* και 192 μm για το *F. occidentalis*. Συγχρόνως όμως αποδείχθηκε ότι τα πιο αποτελεσματικά δίχτυα επιδρούσαν αρνητικά στο περιβάλλον του θερμοκηπίου, μειώνοντας τη ροή του αέρα.

Οι Berlinger and Lebiush-Mordechi (1995), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση των διχτύων είναι η αποτελεσματικότερη φυσική μέθοδος για τον αποκλεισμό του αλευρώδη με κύριο όμως μειονέκτημα τη μείωση του αερισμού του θερμοκηπίου.

Το 1996 (Berlinger et al.) εφαρμόστηκε μια στρατηγική ολοκληρωμένης διαχείρισης (IPM) τριών φάσεων για τον έλεγχο του αλευρώδη. Στα πλαίσια αυτής της στρατηγικής εξετάστηκε και η χρήση ενός εύρους διχτύων κατάλληλων για τον αποκλεισμό του εντόμου τα οποία αποδείχθηκαν αποτελεσματικά στο να διατηρήσουν τον πληθυσμό κάτω από το επίπεδο της οικονομικής ζημιάς. Επιπλέον, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση των διχτύων αποτελεί τη βάση για την εφαρμογή της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των εντόμων.

1.3 Η επίδραση των διχτύων εντομοστεγανότητας στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου.

Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας που τοποθετούνται στα ανοίγματα του θερμοκηπίου (πλαϊνά και οροφής) επηρεάζουν τη ροή του αέρα και την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο, με άμεση επίδραση στα ισοζύγια μάζας και ενέργειας του θερμοκηπίου. Έτσι, επηρεάζουν καθοριστικά τις τέσσερις

σημαντικότερες κλιματικές παραμέτρους: ακτινοβολία, θερμοκρασία, υγρασία και διοξείδιο του άνθρακα.

Οι Miguel et al., (1997), μελέτησαν τα χαρακτηριστικά ροής του αέρα μερικών διχτύων που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια, συμπεριλαμβανομένων διχτύων εξοικονόμησης ενέργειας, σκίασης και εντομοστεγανότητας. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν συναρτήσει της περατότητας και του πορώδους των υλικών. Το 1997, οι Miguel et al., μελέτησαν τη μεταφορά θερμότητας με ελεύθερη συναγωγή, σε θερμοκήπια με δίχτυα εντομοστεγανότητας.

Οι Teitel et al. (1997), ανέπτυξαν ένα μοντέλο που λαμβάνει υπόψη την επίδραση ενός διχτύου εντομοστεγανότητας στην διαμόρφωση της θερμοκρασίας, στο σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, αμέσως μετά το άνοιγμα των παραθύρων (με την προϋπόθεση ότι το θερμοκήπιο αερίζεται μόνο από παράθυρα οροφής), με σκοπό την επιλογή του κατάλληλου διχτύου, κάτω από συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες.

Οι Bell et al. (1997), διερεύνησαν πειραματικά την αντίσταση της ροής του αέρα, καταλήγοντας στο σχηματισμό καμπυλών αντίστασης. Τα δεδομένα αυτά, μαζί με δεδομένα ροής αέρα του θερμοκηπίου ενσωματώθηκαν σ' ένα λεπτομερή οδηγό για τον υπολογισμό της συνολικής επιφάνειας ανοιγμάτων με δίχτυ που απαιτείται για διαφορετικά υλικά.

Πειράματα σε θερμοκήπια, όπου τα ανοίγματα είχαν καλυφθεί με δίχτυα εντομοστεγανότητας (Teitel, 2001), δείχνουν ότι δίχτυα που προκαλούν μεγάλη πτώση πίεσης για συγκεκριμένη ταχύτητα αέρα, οδηγούν σε υψηλότερη θερμοκρασία και υγρασία μέσα στο θερμοκήπιο, συγκρινόμενη με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ο υπολογισμός της πτώσης της πίεσης διαμέσου του διχτύου, σε τέτοιου είδους πειράματα, γίνεται με τη βοήθεια της εξίσωσης του Bernoulli (Sase and Christianson, 1990; Kosmos et al., 1993; Pearson and Owen, 1994; Montero et al., 1996; Munoz et al., 1999; Teitel et al., 1999).

Σύμφωνα με τους Miguel et al. (1998), η εφαρμογή των διχτύων εντομοστεγανότητας και η εκμετάλλευση των ιδιοτήτων τους ήταν περιορισμένη, μέχρι πρόσφατα, λόγω της μη ολοκληρωμένης ποσοτικοποίησης της επίδρασης των διχτύων στις συνθήκες αύξησης της καλλιέργειας του θερμοκηπίου. Γενικά, οι περισσότερες από τις τελευταίες αναφορές σχετικά με τα δίχτυα, αφορούν την επίδρασή τους στην ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Η επίδραση των διχτύων στην εισερχόμενη ηλιακή και θερμική ακτινοβολία έχει ήδη επιτυχώς προσομοιωθεί. Η επίδραση των διχτύων στη μετάδοση της θερμότητας με συναγωγή

μέσω διχτύων δεν είναι πλήρως κατανοητή. Για το λόγο αυτό, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη η ανάπτυξη μοντέλων συμπεριφοράς των πόρων των διχτύων, που αναμένεται να βοηθήσει στην κατανόηση των θεμάτων αυτών.

Με τα υπάρχοντα στοιχεία, η εκτίμηση της επίδρασης των διχτύων στον αερισμό είναι δυνατή στην περίπτωση του δυναμικού αερισμού (Bell, 1997), αλλά είναι ακόμη δύσκολη για τον φυσικό αερισμό και απαιτεί περαιτέρω πειραματική διερεύνηση.

1.4 Επίδραση των διχτύων στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας

Τα δίχτυα εντομοστεγανότητας επηρεάζουν την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα της καλλιέργειας με δύο τρόπους:

1. τροποποιούν το μικροκλίμα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και
2. παρεμβαίνουν στην επίδραση εχθρών και ασθενειών

Η τροποποίηση του κλίματος προέρχεται κυρίως από την επίδραση των διχτύων στον αερισμό και στην περατότητα του θερμοκηπίου στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι παρεμβάσεις στην επίδραση των εχθρών και ασθενειών, μπορεί να είναι άμεσες και έμμεσες. Η άμεση επίδραση αφορά τη μηχανική παρεμπόδιση της εισόδου επιβλαβών οργανισμών στο θερμοκήπιο, η οποία έχει ως αποτέλεσμα, να επηρεάσει τη δυναμική των πληθυσμών και κατά συνέπεια την ζημιά που προκαλείται στην καλλιέργεια. Οι έμμεσες αφορούν την επίδραση των διχτύων στην είσοδο και στους πληθυσμούς «ωφέλιμων» οργανισμών, όπως και στην επίδραση του τροποποιημένου μικροκλίματος, τόσο στους πληθυσμούς των εντόμων, ασθενειών και ωφέλιμων μικροοργανισμών που βρίσκονται ήδη μέσα στο θερμοκήπιο, όσο και στην ευαισθησία της καλλιέργειας στους εχθρούς και ασθένειες.

Με βάση τα παραπάνω, για να είναι δυνατή η ολοκληρωμένη διερεύνηση της επίδρασης των διχτύων εντομοστεγανότητας στην παραγωγικότητα σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια, θα πρέπει, να αναπτυχθούν προσομοιώματα τα οποία να μπορούν να προβλέψουν:

1. το μικροκλίμα του θερμοκηπίου από τα ισοζύγια ενέργειας και μάζας στο εσωτερικό του λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία ή όχι διχτύων,
2. τη δυναμική των πληθυσμών επιβλαβών και ωφέλιμων μικροοργανισμών στο εσωτερικό του θερμοκηπίου συναρτήσει του μικροκλίματος,

3. την ανάπτυξη και παραγωγικότητα της καλλιέργειας σε σχέση με το μικροκλίμα.

1.5 Επίδραση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες για τον προσδιορισμό των επιδράσεων ενός αριθμού περιβαλλοντικών παραγόντων στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας, με σκοπό να αναπτυχθούν μοντέλα ανάπτυξης φυτών που προσομοιώνουν την επίδραση του κλίματος του θερμοκηπίου στους φυσιολογικούς μηχανισμούς που καθορίζουν την ανάπτυξη των φυτών.

Αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος ανάλυσης της αύξησης (growth analysis). Η θερμοκρασία ήταν από τους πρώτους παράγοντες των οποίων ερευνήθηκε η επίδραση στην αύξηση και απόδοση της καλλιέργειας (Calvert and Slack, 1975). Παράλληλα με τη μέθοδο αυτή (Hunt et al., 1984; Thornley and Hard, 1974; Wolf et al., 1986), αναπτύχθηκαν μοντέλα ανάπτυξης των φυτών που προβλέπουν την εποχή παραγωγής, το ύψος κ.λ.π., και δίνουν τη δυνατότητα στους παραγωγούς να οργανώσουν το σκελετό της παραγωγής τους.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν ενεργειακά μοντέλα με πρωτοπόρο τον Monteith (1976, 1977), ο οποίος ανέλυσε την αποτελεσματικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιμέρους αποτελεσματικότητες των φυσιολογικών και βιολογικών διεργασιών. Πρόσφατα, με ενεργειακά μοντέλα έχουν ασχοληθεί οι Gary et al. (1998) και Challa and Baker (1998).

Ένας μεγάλος αριθμός μοντέλων προσομοίωσης της φωτοσύνθεσης έχει αναπτυχθεί για τη μελέτη του φυτού σε όλα τα επίπεδα (φύλλου, φυτού και καλλιέργειας) (Acock et al., 1978; Aikman 1989; Thornley et al., 1992). Τα μοντέλα αυτά αποτελούν ένα βασικό κρίκο μεγαλύτερων μοντέλων που προσομοιώνουν την παραγωγή της καλλιέργειας. Τα περισσότερο διαδεδομένα μοντέλα είναι α) το TOMGO (Jones et al., 1991) ένα μηχανισμικό μοντέλο με στόχο τη βελτιστοποίηση των θερμοκρασιών του θερμοκηπίου και β) το TOMSIM που αναπτύχθηκε από τους Henvelink and Bertin, (1994) και σκοπός του είναι να συσχετίσει το ρυθμό παραγωγής ταξιανθιών σε σχέση με τη θερμοκρασία. Το μοντέλο TOMSIM χρησιμοποιήθηκε σε μεγαλύτερο μοντέλο το SIMULSERRE το οποίο

δημιουργήθηκε με σκοπό να προσομοιώνει τη λειτουργία του θερμοκηπίου και τον εξοπλισμό του με διαφορετικές μεθόδους διαχείρισης (Gary et al., 1998).

Επειδή τα μοντέλα άρχισαν να γίνονται μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα, παρατηρήθηκε μία τάση επιστροφής σε απλούστερα μοντέλα που θα έκανε τη χρήση τους πιο εύκολη, ενώ παράλληλα άρχισαν να εμφανίζονται και τα νευρωνικά δίκτυα. Έτσι, το 1993 οι Martin-Clonaire et al., σχεδίασαν ένα «ειδικό σύστημα» για τον καθημερινό έλεγχο και επίτευξη της καλύτερης θερμοκρασίας σε καλλιέργεια τομάτας θερμοκηπίου. Οι Ioslovich and Seginer (1993), απλοποίησαν τις μελέτες βελτιστοποίησης των Seginer et al. (1993).

Οι Pearson et al. (1996), ανέπτυξαν ένα στοχαστικό μοντέλο που λαμβάνει υπόψη του τις διαφορές μεταξύ των ταξιανθιών στη τομάτα. Στοχαστικό μοντέλο έχει αναπτυχθεί και από τους Hall and Candar (1996), που προσομοιώνει την κατανομή του μεγέθους του καρπού στη συγκομιδή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι έχει ερευνηθεί εκτενώς η επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη της καλλιέργειας, και κυρίως η επίδραση του φωτός, της θερμοκρασίας, και υγρασίας του αέρα στο ισοζύγιο και κατανομή των υδατανθράκων, στη διαπνοή, στην αύξηση των οργάνων και στην ίδια την παραγωγή.

1.6 Σημασία της καλλιέργειας τομάτας στο θερμοκήπιο

Η τομάτα είναι κατά κανόνα ετήσιο φυτό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Σε διεθνή κλίμακα, η καλλιέργειά της καταλαμβάνει την τρίτη σε έκταση θέση μετά την πατάτα και τη γλυκοπατάτα, ενώ για τα Ελληνικά δεδομένα καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση μετά την πατάτα. Οι σπουδαιότεροι λόγοι που καθιστούν την τομάτα δημοφιλές λαχανικό είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες (κυρίως με C), έχει ελκυστικό χρώμα, ιδιαίτερο άρωμα και χρησιμοποιείται ποικιλοτρόπως, γεγονός που την καθιστά αρεστή στη διατροφή. Η δημοτικότητά της ποικίλει στις διάφορες χώρες, αλλά είναι πολύ λίγες οι περιοχές της γης που δεν καλλιεργείται με κάποια από τις μορφές της καλλιέργειάς της. Η καλλιέργειά της εκτείνεται από τις τροπικές περιοχές μέχρι και μερικές μοίρες από τον Αρκτικό κύκλο και στις μεν περιοχές όπου η διάρκεια της θερμής περιόδου το επιτρέπει, καλλιεργείται υπαίθρια, ενώ σε άλλες περιοχές και σε περιόδους «εκτός εποχής» καλλιεργείται σε θερμοκήπια (Ολύμπιος, 1990).

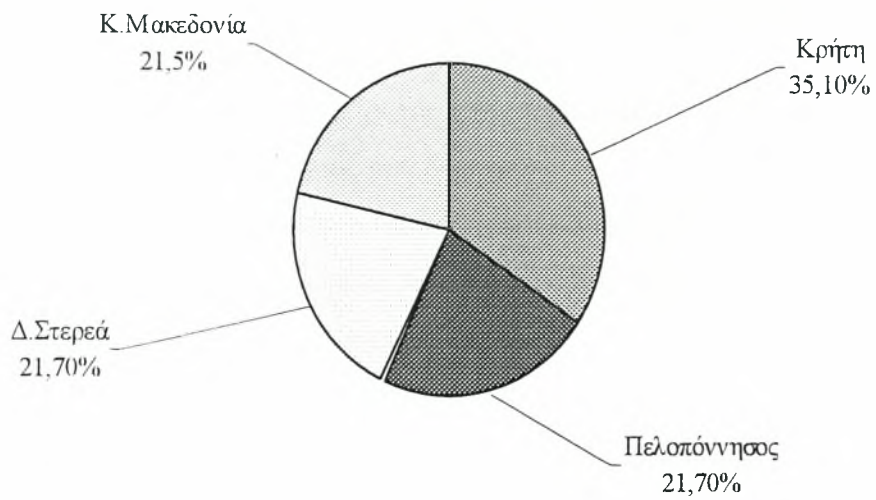
Το μεγαλύτερο ποσοστό τομάτας καλλιεργείται στην Ευρώπη, την Ασία και την Αμερική. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του F.A.O (1988), η παγκόσμια και κατά ηπείρους έκταση δίνεται στον πίνακα 3

Πίνακας 3. Έκταση και παραγωγή τομάτας κατά ηπείρους και σε παγκόσμια κλίμακα

Ηπειρος	Έκταση (x 1000 στρ)	Παραγωγή (x 1000 τόνοι)	Ποσοστό % του συνόλου της παραγωγής
Αφρική	5.070	8.633	13,4
B.&K. Αμερική	3.080	11.178	17,5
N. Αμερική	1.560	4.376	6,9
Ασία	8.410	15.735	24,6
Ευρώπη	4.470	16.522	25,9
Ωκεανία	100	343	0,5
ΕΣΣΔ	4000	7.200	11,2
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ (σύνολο)	26.690	63.988	100

Πηγή: FAO, 1988

Για την Ελλάδα η καλλιέργεια τομάτας την τελευταία δεκαετία παρουσιάζει σημαντική αύξηση. Συγκεκριμένα, το έτος 1990, η συνολική έκταση για την θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας ήταν 16.658 στρ. και με συνολική παραγωγή 168.135 τόννους (Ολύμπιος, 1990). Το 1998 η συνολική έκταση αυξήθηκε σε 25.619 στρ. με παραγωγή 275.469 τόννους (Ανώνυμος, 1999). Το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων, που καλλιεργούνται με τομάτα, βρίσκεται στην Κρήτη (36%), στην Πελοπόννησο και Δ. Στερεά από (22,7%) και τέλος στην Κ. Μακεδονία (21,5%) (Σχήμα 1), (Ολύμπιος, 1990).



Σχήμα 1. Η θερμοκηπιακή καλλιέργεια Τομάτας στον Ελλαδικό χώρο κατανεμημένη σε ποσοστά καλλιεργούμενης έκτασης επί του συνόλου των θερμοκηπίων με τομάτα.

1.7 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν:

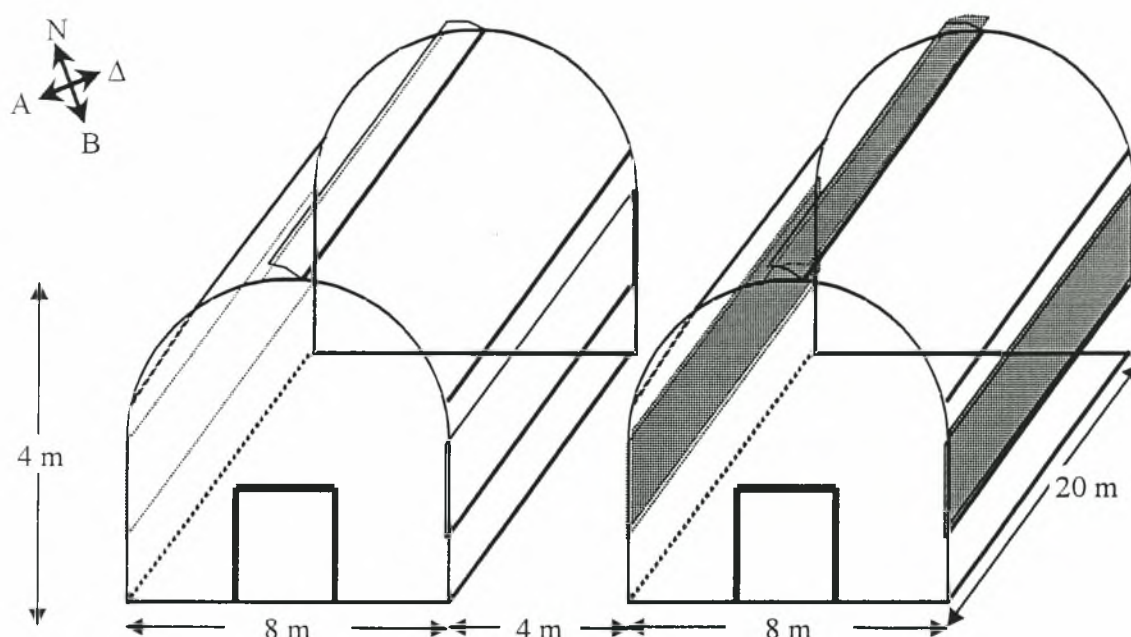
1. να μελετηθεί η επίδραση των διχτύων εντομοστεγανότητας στη διαμόρφωση του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και
2. να διερευνηθεί η επίδραση του κλίματος στην ανάπτυξη της καλλιέργειας τομάτας ως αποτέλεσμα της χρήσης των διχτύων.

Προς τούτο χρησιμοποιήθηκαν δύο θερμοκήπια εκ των οποίων το ένα είχε δίχτυα εντομοστεγανότητας στα πλαϊνά παράθυρα και στο παράθυρο οροφής, ενώ αντίθετα το άλλο, χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (Σχήμα 2).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2 Υλικά και Μέθοδοι

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δύο απλά τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια με κάλυψη πολυαιθυλενίου, διαστάσεων 20m x 8m όπως φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Σχηματική απεικόνιση των δύο θερμοκηπίων στα οποία διεξήχθη το πείραμα.

Τα θερμοκήπια ήταν εγκατεστημένα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου του Νομού Μαγνησίας. Στο ένα από τα δύο θερμοκήπια (NET) υπήρχαν στα ανοίγματα (πλαϊνά και οροφής) δίχτυα εντομοστεγανότητας με διαστάσεις οπών 0.27mm x 0.78mm ή 55 mesh x 27 mesh. Το δεύτερο θερμοκήπιο (CONTROL) χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας προκειμένου να γίνει η σύγκριση των αποτελεσμάτων (στα πλαϊνά ανοίγματα και στην οροφή δεν υπήρχε δίχτυ). Το πείραμα διεξήχθη κατά το χρονικό διάστημα από αρχές Μαΐου έως και τις αρχές Αυγούστου 2000.

2.1.1. Προετοιμασία φυτικού υλικού

Η ποικιλία τομάτας που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος ήταν το υβρίδιο F1 Contessa 546 του οίκου Σπύρου Α.Ε.Β.Ε. Αρχικά, στις 3/3/2000 ο σπόρος τοποθετήθηκε για 12 ώρες περίπου σε νερό και κατόπιν σε υγρό πανί έως ότου αρχίσουν οι διεργασίες φύτευσής του. Στη συνέχεια, στις 5/3/2000, ο σπόρος σπάρθηκε σε ξύλινα κιβώτια σποράς, όπου το υπόστρωμα αποτελείτο από «χωνεμένη» κοπριά. Μέχρι τα φυτά να φτάσουν στο στάδιο της μεταφύτευσης, η άρδευσή τους στο σπορείο γινόταν με το χέρι και ήταν τακτική έτσι ώστε να μην δημιουργούνται συνθήκες υπερβολικής υγρασίας ή ξηρασίας για τα νεαρά φυτά

2.1.2 Μεταφύτευση

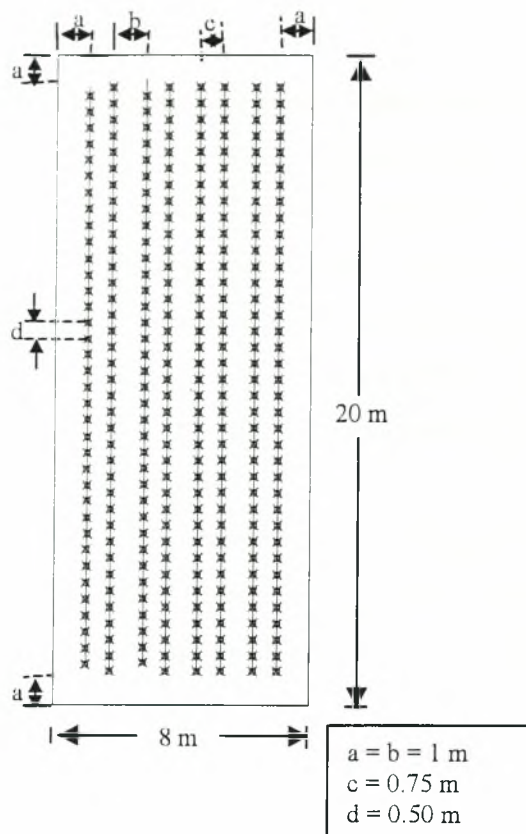
2.1.2.1 Μεταφύτευση σε γλαστράκια

Η μεταφύτευση, πραγματοποιήθηκε στις 29/3/2000, όταν τα φυτά έφτασαν στο στάδιο των δύο κοτυληδόνων και έγινε σε ατομικά γλαστράκια διαμέτρου κορυφής 10,5cm, στα οποία το εδαφικό υλικό αποτελείτο από μίγμα «χωνεμένης» κοπριάς και τύρφης ($\text{pH} = 6$) σε αναλογία 1:1. Τα νεαρά φυτά παρέμειναν στα γλαστράκια έως ότου φτάσουν σε ικανοποιητικό επίπεδο για μεταφύτευση στο θερμοκήπιο. Η άρδευση των φυτών γινόταν με το χέρι και η υγρασία του υποστρώματος διατηρείτο σε κανονικά επίπεδα

Πραγματοποιήθηκε ένας προληπτικός ψεκασμός στις 30/3/2000 με βορδιγάλειο πολτό για προστασία από Περονόσπορο και Βακτηριώσεις, σε αναλογία 200g/50Kg H₂O με τη βοήθεια ψεκαστικού μηχανήματος.

2.1.2.2 Μεταφύτευση στο θερμοκήπιο

Η μεταφύτευση των φυτών στο θερμοκήπιο έγινε στις 5/5/2000, όταν τα φυτά απέκτησαν 6-8 πραγματικά φύλλα. Η φύτευση των φυτών ακολούθησε το γραμμικό σύστημα (τεσσάρων) διπλών σειρών, με αποστάσεις φύτευσης 0,5m επί της γραμμής και 0,75m μεταξύ των σειρών και 1m μεταξύ των διαδρόμων και 1m από τις άκρες του θερμοκηπίου, όπως δείχνει και το σχήμα 3.



Σχήμα 3. Διάταξη και αποστάσεις φύτευσης των φυτών στο θερμοκήπιο

Ο συνολικός αριθμός των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος ήταν 288 φυτά/θερμοκήπιο με πυκνότητα φύτευσης $1,8 \text{ φυτά/m}^2$.

Προτού μεταφυτευθούν τα φυτά, προηγήθηκε όργωμα, λίπανση, προσθήκη οργανικής ουσίας (τύρφης) και φρεζάρισμα. Επίσης, πραγματοποιήθηκε ψεκασμός στα ζιζάνια που υπήρχαν στο εσωτερικό και των δύο πειραματικών τεμαχίων, με μίγμα εντομοκτόνων με δραστικές ουσίες endosulfan + bifethrin + chlorpyrifos, προκειμένου να γίνει εγκατάσταση της καλλιέργειας σε περιβάλλον απαλλαγμένο από έντομα και δεν εφαρμόστηκαν περαιτέρω εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα έως και τη λήξη του πειράματος. Το σύστημα άρδευσης που επιλέχθηκε ήταν η στάγδην άρδευση με παροχή σταλακτήρα $4 \text{ m}^3/\text{h}$ και η λίπανση των φυτών γινόταν με υδρολίπανση. Ταυτόχρονα με τη φύτευση ακολούθησε πότισμα με θρεπτικό διάλυμα «αφύπνιση» (12-48-8).

2.1.3 Καλλιεργητική τεχνική

Τα φυτά διαμορφώθηκαν κατά το μονοστέλεχο σύστημα και το κλάδεμα των πλάγιων βλαστών άρχισε από τη δεύτερη εβδομάδα φύτευσης (19/5/2000) και επαναλαμβανόταν ανά επτά ημέρες. Στο ίδιο χρονικό διάστημα γινόνταν και αφαίρεση ανθέων, με σκοπό να παραμένουν 5 άνθη / ταξιανθία.

Η άρδευση των φυτών γινόταν ανάλογα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις της καλλιέργειας, αρχικά 2 φορές την εβδομάδα (με 2500 Kg νερό ανά θερμοκήπιο και εφαρμογή) και κατόπιν 4 φορές την εβδομάδα (μειώνοντας τη δόση άρδευσης σε 1500 Kg ανά θερμοκήπιο και εφαρμογή).

Η θρέψη των φυτών πραγματοποιήθηκε με τη μορφή της υδρολίπανσης και οι ποσότητες των λιπασμάτων ακολούθησαν συγκεκριμένη συνταγή που χρησιμοποιείται στην καθημερινή πρακτική ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (πίνακες 4 και 5) (Ολύμπιος, 1990)

Πίνακας 4: Ποσότητες λιπασμάτων ανάλογα με την αναλογία N /K και ανάλογα με το βαθμό αραιώσης

	Περιεκτικότητα σε Αζωτο	Ποσότητα λιπάσματος g x L ⁻¹ νερού	Σχέση N / K ₂ O	Βαθμός Αραιώσης
(1)	Χαμηλή περιεκτικότητα σε N	162 KNO ₃	1:3	1:200
(2)	Μέση περιεκτικότητα σε N	162 KNO ₃ + 43 NH ₄ NO ₃	1:2	1:200
(3)	Μέση προς υψηλή περιεκτ. σε N	162 KNO ₃ + 80 NH ₄ NO ₃	1:1 ^{1/2}	1:200
(4)	Υψηλή περιεκτικότητα σε N	162 KNO ₃ + 100 NH ₄ NO ₃	1:1	1:300

Πηγή: Ολύμπιος, 1990

Στον πίνακα 5 φαίνεται η επιλογή θρεπτικού διαλύματος ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού.

Πίνακας 5: Επιλογή θρεπτικού διαλύματος λίπανσης ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών

	Στάδιο ανάπτυξης φυτών	Είδος βασικού διαλύματος	Παρατηρήσεις
1	Μετά τη μεταφύτευση	(1)	Νεαρά φυτά θέλουν πολύ Κ και λιγότερο Ν
2	Όταν δέσουν 2 ταξιανθίες και φάνηκαν άλλες 2	(2)	
3	Όταν δέσει η 5 ^η ταξιανθία	(3)	Εάν το φυτό είναι ζωηρό μένουμε στο (2)
4	Το Μάιο	(4)	Αυξημένη ηλιοφάνεια
5	Τον Ιούνιο	Επιστροφή στο (3)	
6	2-3 εβδομάδες πριν το τέλος της συγκομιδής	Καθαρό Νερό	

Πηγή: Ολύμπιος, 1990

Για την αντιμετώπιση των ζιζανίων χρησιμοποιήθηκε ειδικό υλικό εδαφοκάλυψης του εδάφους λευκού χρώματος, το οποίο μας έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα στον περιορισμό και εξάπλωση των ζιζανίων.

Παράλληλα με τις μετρήσεις ανάπτυξης των φυτών, γίνονταν και εντομολογικές μετρήσεις με σκοπό να καταγραφεί ο αριθμός των εντόμων (αφίδα, αλευρώδης και θρίπας) στο εσωτερικό των θερμοκηπίων. Οι μετρήσεις αυτές είχαν ως σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης των διχτύων εντομοστεγανότητας στην είσοδο των εντόμων στο εσωτερικό των θερμοκηπίων. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί αυτό, τοποθετήθηκαν εσωτερικά, χρωματικές κολλητικές παγίδες, (μπλε για θρίπα και κίτρινη για θρίπα, αλευρώδη και αφίδες) στα παράθυρα των θερμοκηπίων καθώς και στην οροφή. Εξωτερικά των θαλάμων και σε απόσταση περίπου 10 μέτρων τοποθετήθηκαν χρωματικές παγίδες νερού για αφίδες, ενώ σε απόσταση περίπου 20 μέτρων από τα θερμοκήπια υπήρχαν μπλε και κίτρινες χρωματικές παγίδες προκειμένου να γίνει σύγκριση των πληθυσμών εντόμων μεταξύ των θερμοκηπίων και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα σύγκρισης και καταγραφής του πληθυσμού των εντόμων αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης άλλης εργασίας και δε θα παρουσιαστούν ούτε θα συζητηθούν στην παρούσα διατριβή.

2.2 Μετρήσεις

2.2.1 Κλιματικές

Η λήψη κλιματικών δεδομένων ξεκίνησε από τις 5/5/2000 και συνεχίστηκε μέχρι τις 4/8/2000. Καταγράφηκαν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (R_G , W/m^2) με τη βοήθεια πυρανόμετρου, η θερμοκρασία (T , $^{\circ}C$) και σχετική υγρασία (RH , %) του αέρα μέσα και έξω από τα θερμοκήπια με αισθητήριο τύπου Rotronic. Το ύψος τοποθέτησης των αισθητηρίων στο εσωτερικό των θερμοκηπίων ακολουθούσε την ανάπτυξη των φυτών, ενώ αντίθετα στο εξωτερικό τα όργανα είχαν τοποθετηθεί σε μετεωρολογικό ιστό και σε ύψος 5m. Τα δεδομένα λαμβάνονταν ανά 10s, και ανά 1h υπολογιζόταν ο μέσος όρος τους και κατόπιν καταγράφονταν σε καταγραφικό μηχανήμα (Data logger, Μοντέλο CR-10 Cambell, UK).

Τα κλιματικά δεδομένα χωρίστηκαν σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

- A) μετρήσεις καθόλη τη διάρκεια του 24ώρου
- B) μετρήσεις κατά τη διάρκεια της νύχτας (από τη δύση ως την ανατολή) και
- Γ) μετρήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας

2.2.2 Αύξηση & Ανάπτυξη των φυτών

Προκειμένου να μελετηθεί η αύξηση και ανάπτυξη των φυτών έγινε τυχαία επιλογή φυτών στα θερμοκήπια με τη βοήθεια προγράμματος τυχαίων αριθμών, το οποίο μας έδωσε μια σειρά αριθμών από το 1 έως και το 288. Από τους παραπάνω επιλέχθηκαν οι πρώτοι 30, ενώ απορρίφθηκαν εκείνοι που βρίσκονταν στις ακραίες σειρές των θερμοκηπίων. Σε κάθε φυτό έγινε ειδική σήμανση με καρτελάκι στο οποίο αναγραφόταν ο αριθμός του φυτού.

Οι μετρήσεις αύξησης και ανάπτυξης διαχωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες: σε καταστροφικές και σε μη καταστροφικές μετρήσεις. Οι μη καταστροφικές μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανά εβδομάδα σε δέκα τυχαία επιλεγμένα φυτά ανά θερμοκήπιο, και αφορούσαν:

A) μετρήσεις σε επίπεδο φυτού (ένα στέλεχος)

- α) ύψος φυτών (H_p) σε cm
- β) αριθμός μεσογονατίων (N_i)
- γ) αριθμός (N_l) φύλλων
- δ) αριθμός (N_{inf}) ταξιανθιών

B) μετρήσεις σε επίπεδο φύλλου

- ε) θέση (αριθμός κόμβου από τη βάση) φύλλου
- στ) μήκος (L_i) και πλάτος (W_i) φύλλου σε cm

Γ) μετρήσεις σε επίπεδο ταξιανθίας

- ζ) θέση (αριθμός κόμβων από τη βάση) ταξιανθίας
- η) αριθμός γονιμοποιημένων ανθέων ταξιανθίας

Δ) μετρήσεις σε επίπεδο καρπών

- θ) θέση καρπού στην ταξιανθία
- ι) διάμετρος καρπού (D_f) σε cm (για καρπούς διαμέτρου $> 0,5$ cm)
- ια) βάρος ώριμων καρπών σε g (FW_f)

Οι μετρήσεις του μήκους πραγματοποιήθηκαν με δεκάμετρο και η συνολική ακρίβεια των μετρήσεων ήταν της τάξης των ± 0.5 cm.

Οι μετρήσεις βάρους πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρονικό ζυγό ικανότητας ζύγισης 5000 g. Η συνολική ακρίβεια των μετρήσεων βάρους ήταν της τάξεως του $\pm 0,01$ g.

Για τις καταστροφικές μετρήσεις, οι οποίες πραγματοποιούνταν ανά δεκαπενθήμερο, επιλέγονταν 5 φυτά/θερμοκήπιο και έγιναν:

A) μετρήσεις σε επίπεδο φυτού

- α) ξηρά ουσία καρπών (DM_f) σε g
- β) ξηρά ουσία φύλλων (DM_l) σε g και
- γ) ξηρά ουσία βλαστών (DM_{st}) σε g

B) μετρήσεις σε επίπεδο φύλλου (για το σύνολο των φύλλων που υπήρχαν στα φυτά)

- α) μήκος φύλλου σε cm
- β) πλάτος φύλλου σε cm και
- γ) φυλλική επιφάνεια (LA) σε cm^2

Γ) μετρήσεις σε επίπεδο καρπών

- α) διάμετρος καρπών σε cm

Προκειμένου να υπολογιστεί η φυλλική επιφάνεια καθώς και να συσχετιστεί το μήκος του φύλλου με την ολική επιφάνειά του μετρήθηκε το μήκος των φύλλων με απλό δεκάμετρο και κατόπιν η επιφάνεια των φύλλων μετριόταν με τη βοήθεια ενός φορητού οργάνου (Portable Area Meter) μοντέλο LI-3000 A (LI-



COR). Η διάμετρος των καρπών μετρήθηκε με παχύμετρο. Στη συνέχεια γινόταν διαχωρισμός και τεμαχισμός των διαφόρων οργάνων των φυτών και τοποθετούνταν σε κλίβανο με θερμοκρασία 103°C για 24 h (ASAE STANDARDS 1998), έτσι ώστε να αποξηρανθούν. Η ζύγιση της ξηράς ουσίας των οργάνων γινόταν με ζυγό ακρίβειας χιλιοστού του g.

Σκοπός των μη καταστροφικών μετρήσεων ήταν να βρεθεί ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών. Για αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ύψους και παραγωγή νέων οργάνων ανά εβδομάδα.

Σκοπός των καταστροφικών μετρήσεων ήταν: ο υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας με κατάλληλη μαθηματική εξίσωση με την οποία θα γινόταν εκτίμηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών της καλλιέργειάς μας.

Η διάμετρος των καρπών χρησιμοποιήθηκε στην εξαγωγή εξίσωσης με την οποία θα εκτιμάται η ξηρά ουσία των παραγόμενων καρπών από τις μετρήσεις ανάπτυξης (μη καταστροφικές μετρήσεις)

2.2.3 Σύγκριση κλίματος & ανάπτυξης

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, οι κλιματικές μετρήσεις αφορούσαν την περίοδο από 5/5/2000 έως και 4/8/2000 κατά την οποία καταγράφηκαν:

A) μετρήσεις Θερμοκρασίας (T , $^{\circ}\text{C}$)

B) μετρήσεις Υγρασίας (RH , %) και

Γ) μετρήσεις Ακτινοβολίας (RG , W/m^2)

Η καταγραφή των παραπάνω μετρήσεων πραγματοποιήθηκε και για τα τρία περιβάλλοντα (NET για το θερμοκήπιο με δίχτυ, CON για το μάρτυρα και OUT για το εξωτερικό περιβάλλον).

Σκοπός των κλιματικών μετρήσεων ήταν αφενός να γίνει σύγκριση των τριών περιβαλλόντων, και αφετέρου να διαπιστωθεί η επίδραση των διαφόρων κλιματικών παραγόντων στην ανάπτυξη των φυτών.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος MATLAB. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση και για το χρονικό διάστημα που διεξήχθη το πείραμα, αφορούσαν τις μετρήσεις ανάπτυξης (ύψος, παρούσα και συνολική φυλλική επιφάνεια αριθμός κόμβων, αριθμός ταξιανθιών, αριθμός καρπών ανά φυτό, παρούσα και συνολική εκτιμώμενη ξηρά ουσία καρπών), καθώς και στις μεταβλητές των καταστροφικών μετρήσεων (παρούσα και ολική φυλλική επιφάνεια, ξηρά ουσία βλαστών, παρούσα και ολική ξηρά ουσία φύλλων και ξηρά ουσία καρπών).

3 Αποτελέσματα

3.1 Εκτίμηση της φυλλικής επιφάνειας και της ξηράς ουσίας

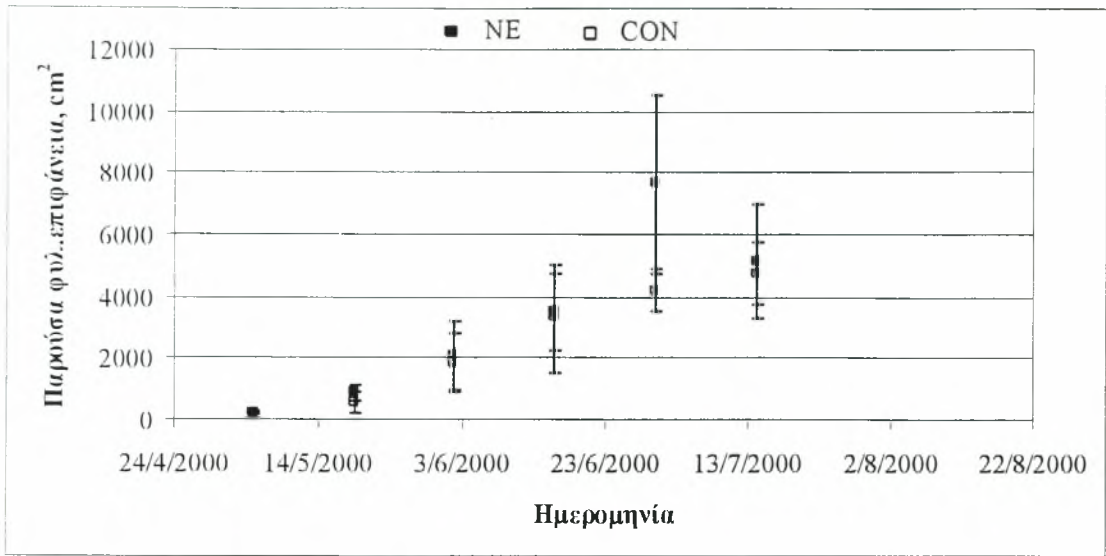
Το μήκος και το πλάτος είναι απαραίτητα στοιχεία για την εκτίμηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών μας για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο. Ο υπολογισμός της γίνεται με τη χρήση μαθηματικής εξίσωσης η οποία εξάγεται από ανάλυση των καταστροφικών μετρήσεων στις οποίες υπολογίζεται η σχέση του μήκους φύλλου και φυλλικής επιφάνειας. Η εξίσωση προσαρμογής με την οποία εκτιμάται η φυλλική επιφάνεια των φυτών έχει την ακόλουθη μορφή $f(x) = 0,019x^3 - 0,46x^2 + 5,54x$ με $R^2 = 0,87$, ($N = 636$), όπου x το μήκος του φύλλου σε cm και N , ο αριθμός των μετρήσεων.

Η μορφή της εξίσωσης απ' την οποία εκτιμήθηκε η ξηρά ουσία των καρπών από τις καταστροφικές μετρήσεις έχει τη μορφή $f(x) = 0,0131x^3 + 0,1272x^2 - 0,1854x$ με $R^2 = 0,937$, ($N = 677$) όπου x η διάμετρος των καρπών σε cm και N ο αριθμός των μετρήσεων. Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιήθηκε για καρπούς με μέγεθος $> 1,2$ cm, διότι για διάμετρο μικρότερη από 1,2 cm οι τιμές της ξηράς ουσίας ήταν αρνητικές.

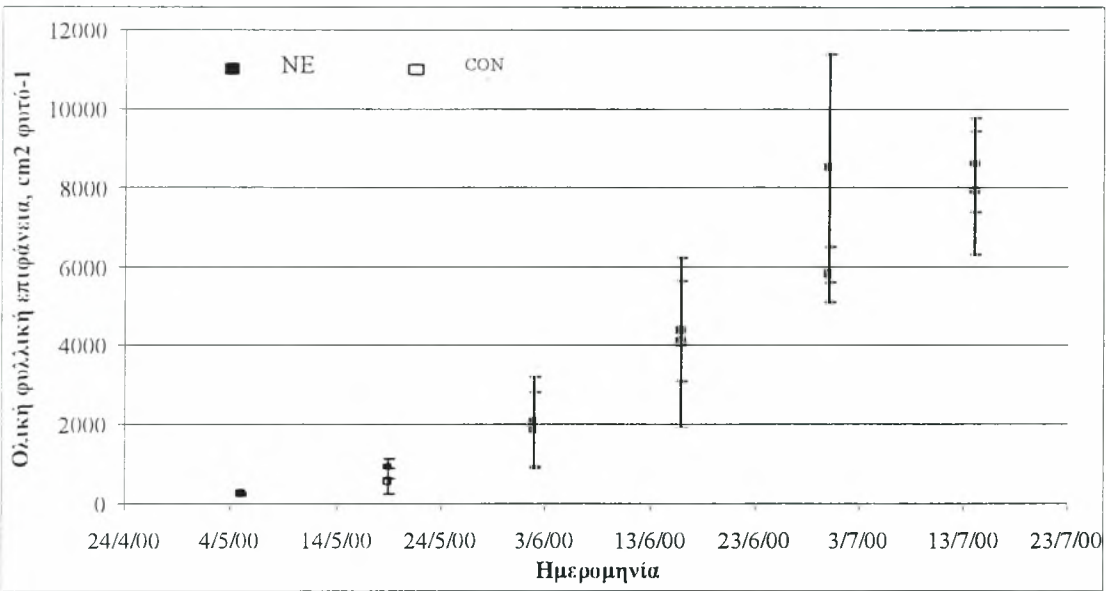
3.2 Μετρήσεις ανάπτυξης

3.2.1 Σύγκριση καταστροφικών μετρήσεων

Στο σχήμα 4 παρατηρούμε την εξέλιξη της φυλλικής επιφάνειας που υπήρχε στο φυτό σε κάθε μέτρηση και στο σχήμα 5 την εξέλιξη της αθροιστικής φυλλικής επιφάνειας (παρούσα και επιφάνεια φύλλων που αφαιρέθηκαν με το κλάδευμα των φυτών) αντίστοιχα, για τις καταστροφικές μετρήσεις. Για τις 5 πρώτες μετρήσεις παρατηρείται αύξηση της φυλλικής επιφάνειας σε σχέση με το χρόνο. Στην τελευταία μέτρηση η φυλλική επιφάνεια μειώνεται στο (NET), ενώ αντίθετα στο (CON) αυξάνει ελάχιστα. Σημαντικές διαφορές στη φυλλική επιφάνεια δεν παρουσιάστηκαν για το χρονικό διάστημα που διεξήχθη το πείραμα, όπως προκύπτει από την τυπική απόκλιση που παρουσιάζεται στα σχήματα.

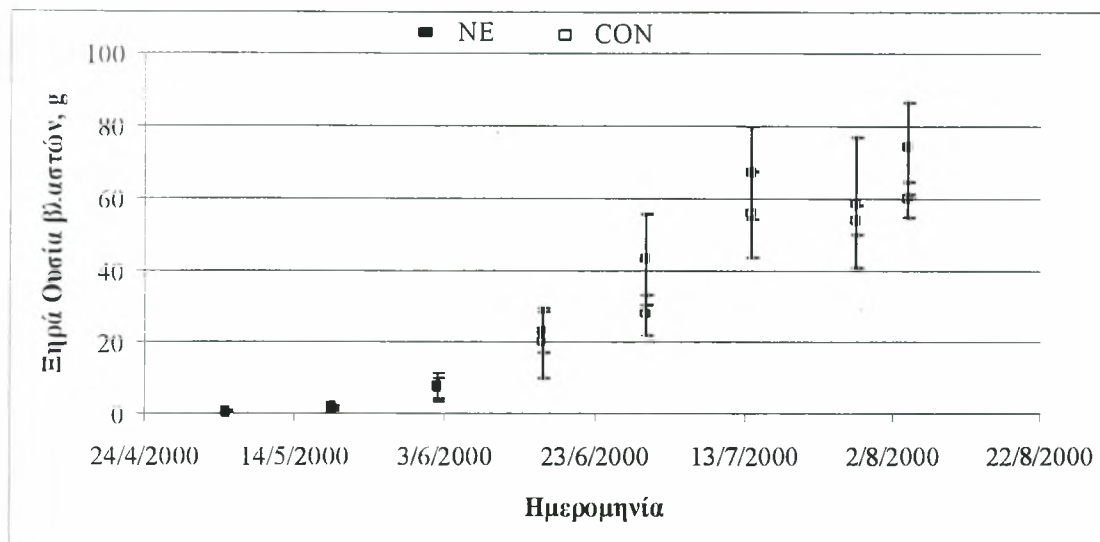


Σχήμα 4. Παρούσα φυλλική επιφάνεια των φυτών για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος



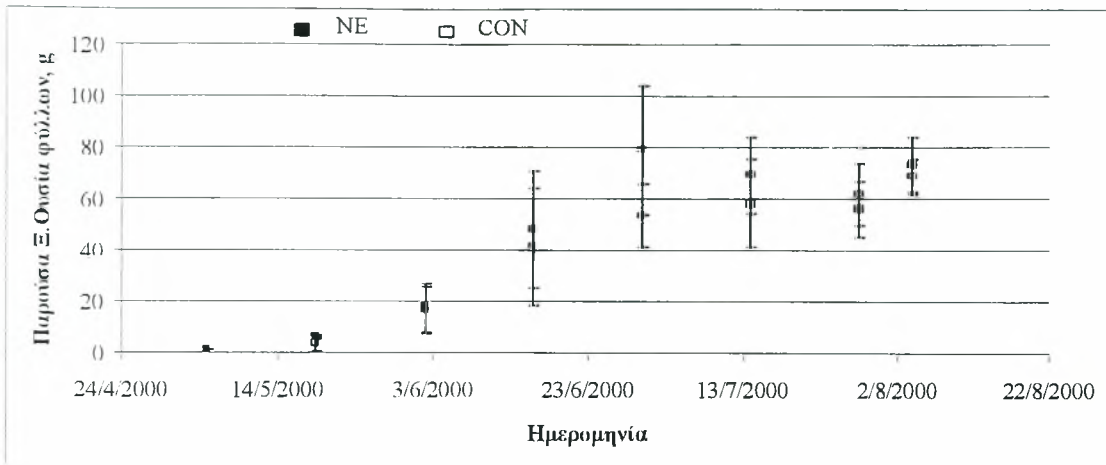
Σχήμα 5. Ολική φυλλική επιφάνεια για το χρονικό διάστημα που διεξήχθη το πείραμα.

Η ξηρά ουσία των βλαστών (σχήμα 6) παρουσιάζει αύξηση σε σχέση με το χρόνο με το (NET) να υπερέχει ελάχιστα σε σχέση με το (CON) για όλα τα στάδια των μετρήσεων, χωρίς αυτή η υπεροχή να δημιουργεί σημαντικές διαφορές.

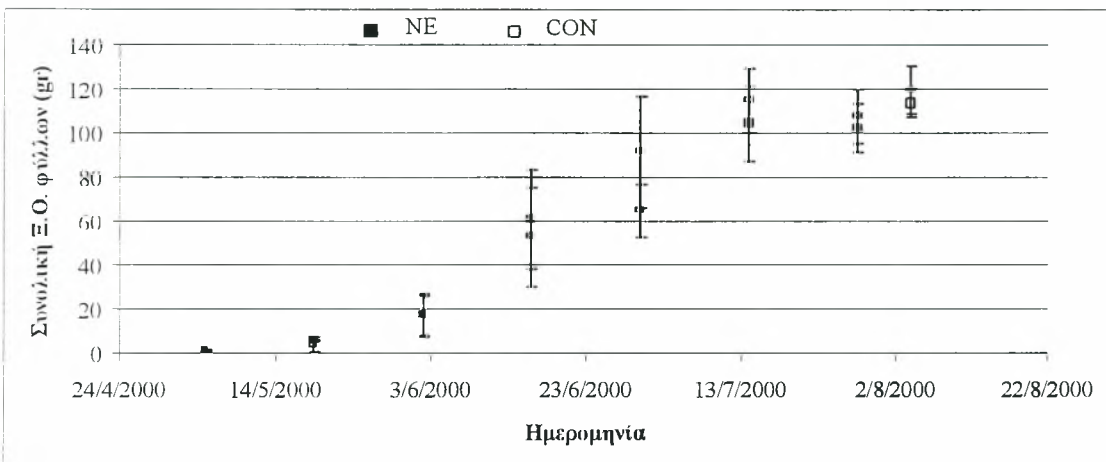


Σχήμα 6. Ξηρά ουσία βλαστών για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

Στα σχήματα 7 και 8 συγκρίνουμε την ξηρά ουσία των φύλλων των φυτών (παρούσα και ολική) αντίστοιχα. Για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν η παρούσα ξηρά ουσία των φύλλων αυξάνει με το χρόνο, έως και τέλη Ιουνίου και παρέμεινε σταθερή ως το τέλος του πειράματος. Η ολική ξηρά ουσία των φύλλων σταμάτησε να αναπτύσσεται λίγες μέρες μετά. Διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων δε βρέθηκαν στην ξηρά ουσία των φύλλων.

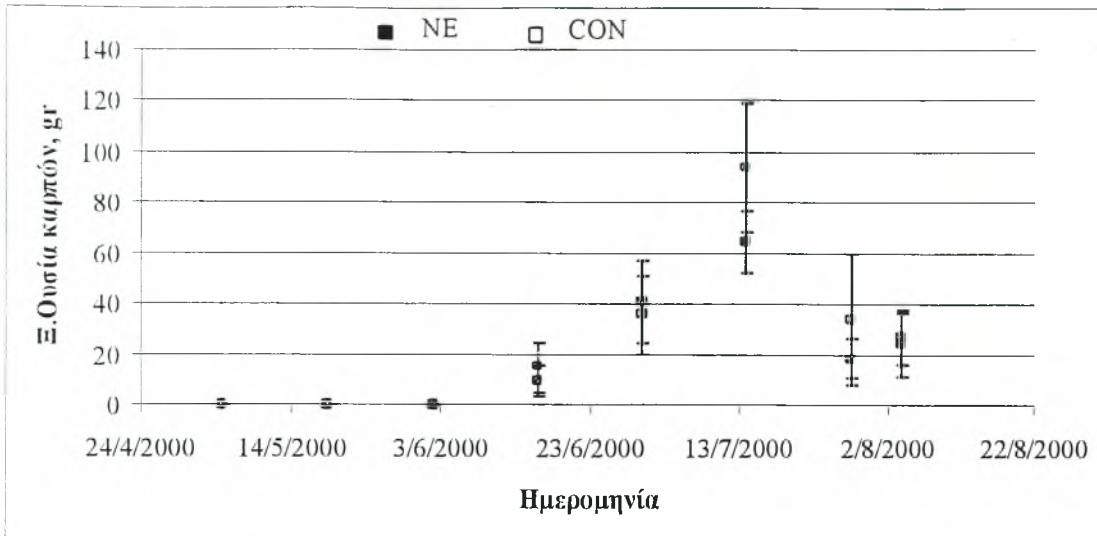


Σχήμα 7. Παρούσα ξηρά ουσία φύλλων για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.



Σχήμα 8 Συνολική ξηρά ουσία φύλλων για το χρονικό διάστημα από 5/5/2000 έως και 4/8/2000.

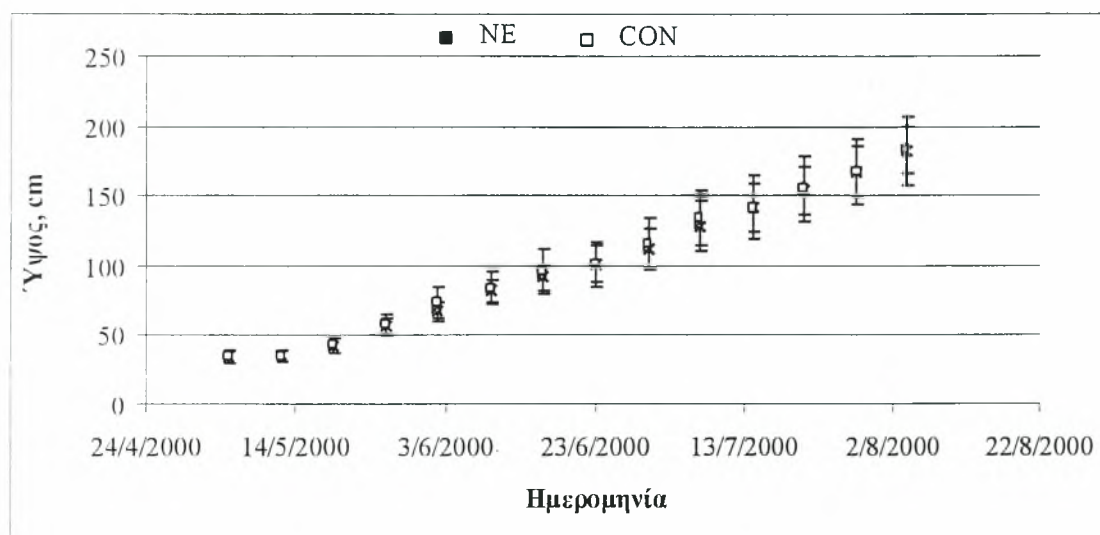
Τέλος, στο σχήμα 9 η ξηρά ουσία των παρόντων στα φυτά καρπών, εκτός από τις 3 πρώτες μετρήσεις όπου είναι μηδενική, παρουσιάζει γραμμική αύξηση για το χρονικό διάστημα από 16/6/2000 έως 14/7/2000 ενώ τις τελευταίες 2 μετρήσεις μειώνεται λόγω συγκομιδής των καρπών. Σε κανένα σημείο των μετρήσεων οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές.



Σχήμα 9. Ξηρά ουσία καρπών που (βρίσκονται στο φυτό εκείνη τη στιγμή) για το διάστημα από 5/5/2000 έως και 4/8/2000.

3.2.2 Σύγκριση μη καταστροφικών μετρήσεων

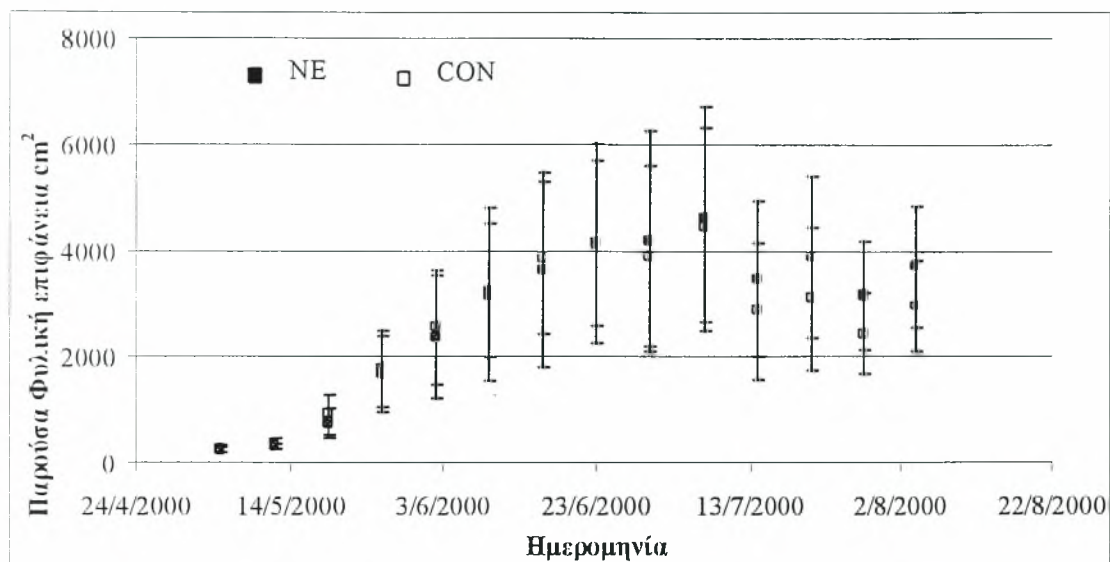
Στο σχήμα 10 παρατηρείται η εξέλιξη του ύψους των φυτών καθόλη την περίοδο του πειράματος. Τα φυτά, για το χρονικό διάστημα από 5/5/00 έως 4/8/00 ξεκίνησαν από ένα μέσο ύψος $34,5 \text{ cm} \pm 4,53$ για το NET και $34 \text{ cm} \pm 4,03$ για το CONTROL και με γραμμική αύξηση, κατέληξαν μετά την πάροδο 14 εβδομάδων σε μέγιστο ύψος $182,1 \text{ cm} \pm 24,45$ για το NET και $183,5 \text{ cm} \pm 17,72$ για το CONTROL. Σημαντικές διαφορές δεν παρουσιάστηκαν σε κανένα στάδιο της καλλιέργειας μεταξύ των 2 θερμοκηπίων.



Σχήμα 10. Ύψος φυτών για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος

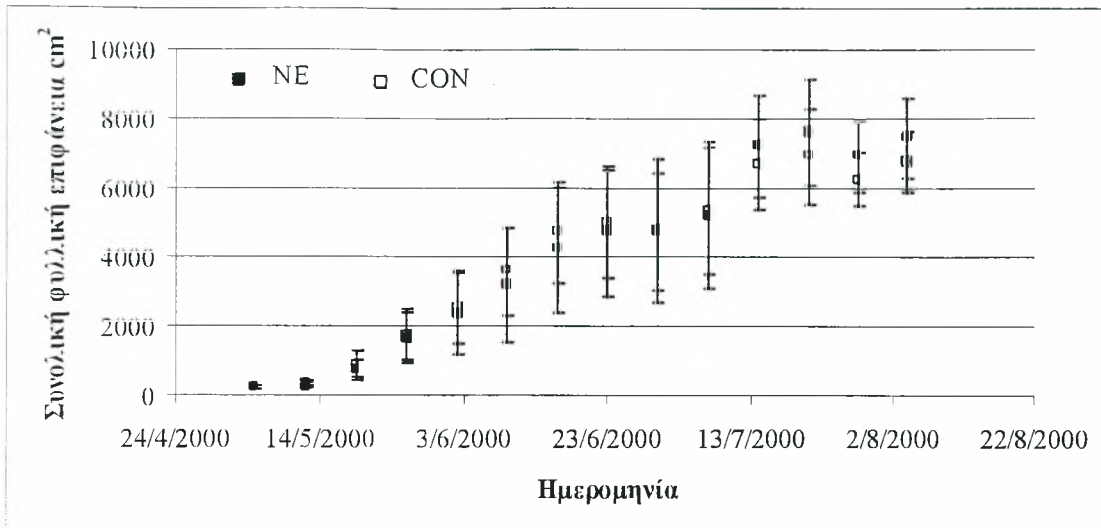
Στο σχήμα 11 η παρούσα φυλλική επιφάνεια των φυτών, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, εκτιμήθηκε με τη βοήθεια εξίσωσης και χωρίστηκε στην παρούσα και στη συνολική. Η παρούσα φυλλική επιφάνεια που εκτιμήθηκε στην αρχή της περιόδου ήταν $239,22 \text{ cm}^2 \pm 52,17$ για το NET και $262 \text{ cm}^2 \pm 49,84$ για το CONTROL. Για τις πρώτες 7 εβδομάδες, όπως φαίνεται από το σχήμα 5 η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας είναι γραμμική, με το CONTROL να παρουσιάζει μικρή υπεροχή η οποία όμως δεν είναι σημαντική. Για τις επόμενες 7 μετρήσεις, η φυλλική επιφάνεια μειώθηκε με το (NET) να υπερέχει του (CON) όχι σημαντικά. Τελικά, η

μέση εκτιμώμενη φυλλική επιφάνεια την 14^η εβδομάδα είναι $3693,44 \text{ cm}^2 \pm 1145,06$ για το NET και $2960,55 \text{ cm}^2 \pm 865,16$ για το CONTROL.



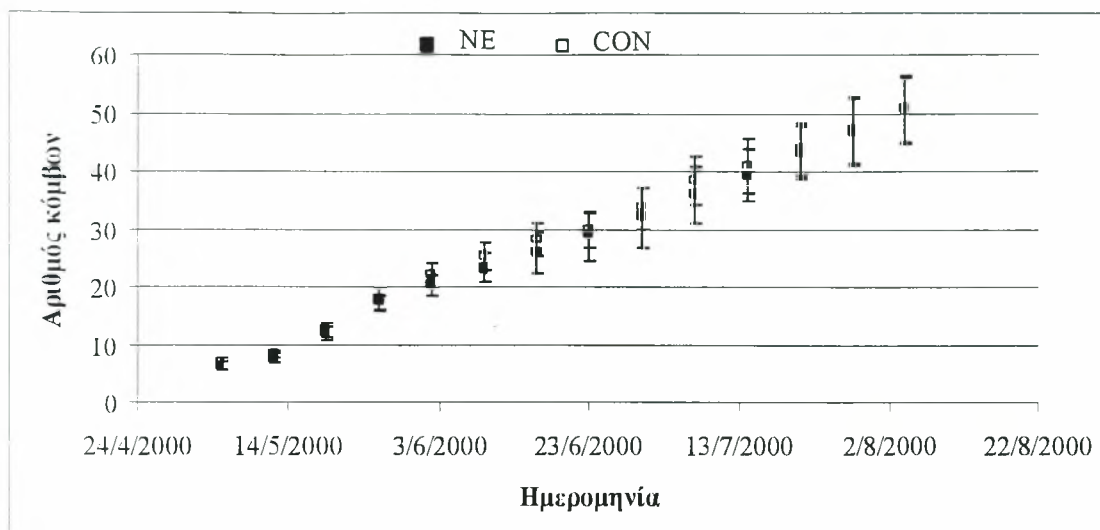
Σχήμα 11. Παρούσα φυλλική επιφάνεια φυτών για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος

Στο σχήμα 12 η συνολική εκτιμώμενη φυλλική επιφάνεια αυξάνει σε σχέση με το χρόνο. Η αρχική ολική επιφάνεια είναι $239,22 \text{ cm}^2 \pm 52,17$ για το NET και $262 \text{ cm}^2 \pm 49,84$ για το CONTROL και η τελική επιφάνεια $7450,36 \text{ cm}^2 \pm 1145,36$ για το NET και $6786,41 \text{ cm}^2 \pm 865,16$ για το CONTROL.



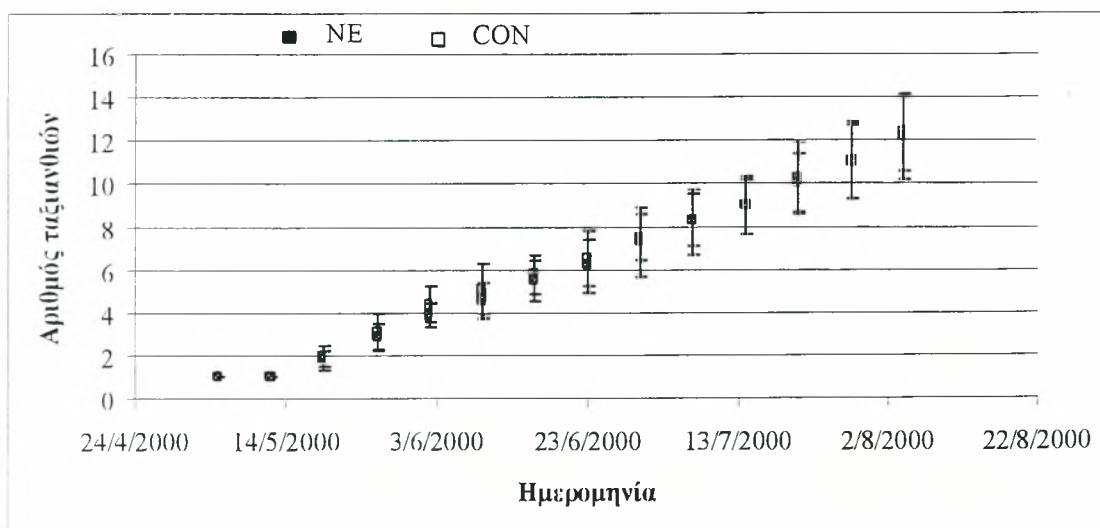
Σχήμα 12. Συνολική (εκτιμημένη) φυλλική επιφάνεια για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

Ο αριθμός των κόμβων παρουσιάζει, όπως δείχνει και το σχήμα 13, γραμμική αύξηση ξεκινώντας από $6,4 \pm 0,84$ κόμβους / φυτό για το NET και $6,8 \pm 1,03$ κόμβους / φυτό στο CONTROL για την πρώτη μέτρηση και αυξάνοντας γραμμικά, με πολύ μικρές διακυμάνσεις, φτάνουν στο τέλος της περιόδου $50,7 \pm 5,83$ κόμβοι / φυτό για το NET και $50,6 \pm 5,58$ κόμβους / φυτό για το CONTROL. Η αρχική μικρή υπεροχή του CONTROL διατηρείται ως και την προτελευταία μέτρηση, ενώ το NET στην τελευταία μέτρηση παρουσιάζει ένα πολύ μικρό προβάδισμα. Και σε αυτή την περίπτωση η ανάλυση έδειξε μη στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων για το σύνολο των μετρήσεων.



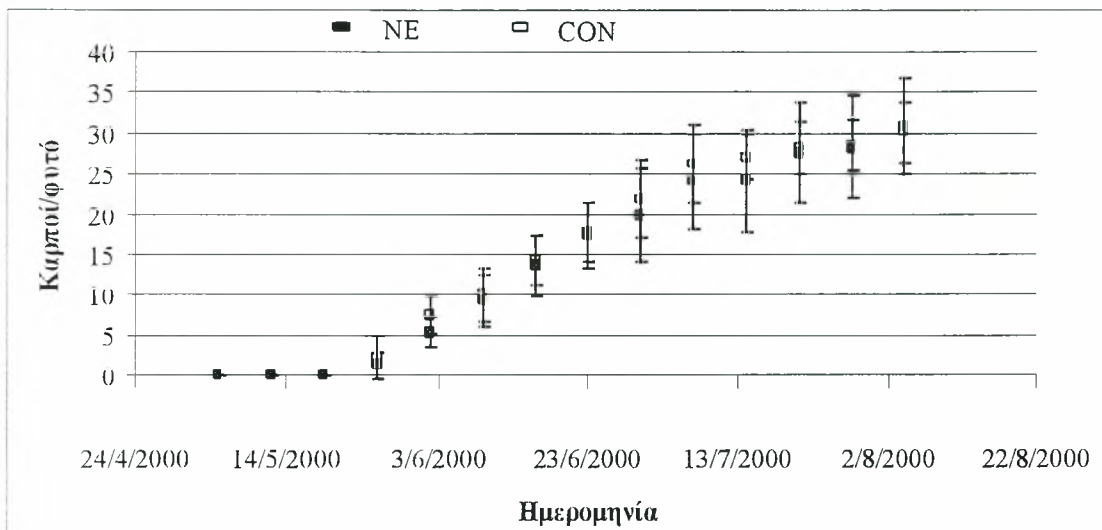
Σχήμα 13. Αριθμός κόμβων για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

Στο σχήμα 14, ο αριθμός των ταξιανθιών όπως και η προηγούμενη μεταβλητή παρουσιάζει γραμμική αύξηση από την αρχή έως και το τέλος των μετρήσεων, ξεκινώντας από μία ταξιανθία και για τα δύο θερμοκήπια και καταλήγοντας σε μέσο όρο $12,2 \pm 1,98$ ταξιανθίες για το NET και $12,4 \pm 1,77$ ταξιανθίες για το CON. Ο αριθμός των ταξιανθιών ανά φυτό, ήταν κάπως μεγαλύτερος στο CON για το σύνολο των εβδομαδιαίων μετρήσεων. Τελικά από την ανάλυση δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των 2 θερμοκηπίων.



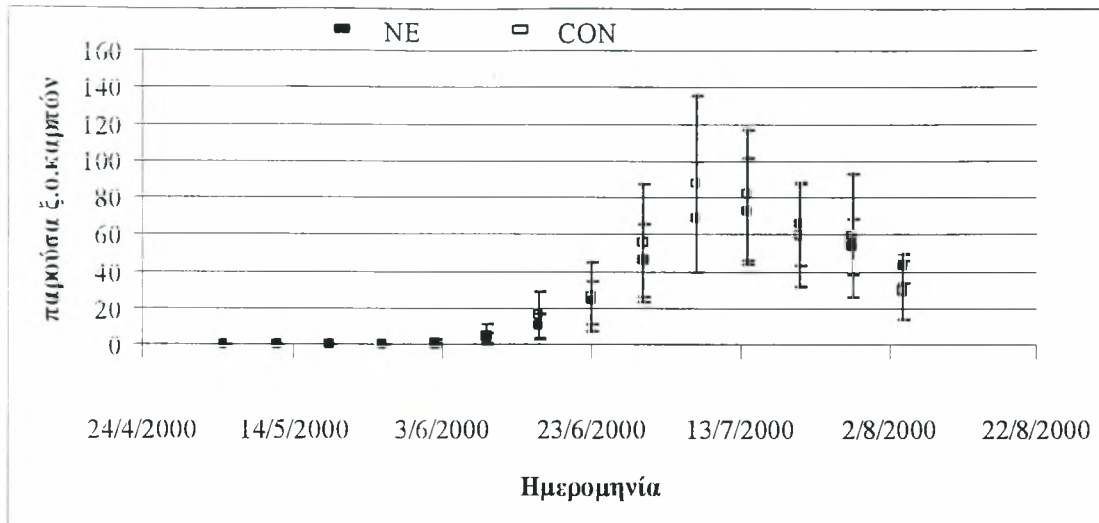
Σχήμα 14. Αριθμός εμφάνισης ταξιανθιών για το διάστημα από 5/5/2000-4/8/2000

Η επόμενη παράμετρος που μελετήθηκε και απεικονίζεται στο σχήμα 15 είναι ο συνολικός αριθμός των καρπών από την στιγμή που εμφανίστηκαν στο φυτό έως και τη συγκομιδή τους. Όπως δείχνει το διάγραμμα και για τις 3 πρώτες εβδομάδες δεν υπάρχουν καρποί στα φυτά. Η εμφάνισή τους γίνεται την 4^η εβδομάδα και ως τη 14^η εβδομάδα ο αριθμός τους αυξάνει και για τα 2 θερμοκήπια. Ο μέσος αριθμός καρπών στο τέλος του πειράματος ήταν $30,9 \pm 5,82$ καρπούς / φυτό στο NET και $30,1 \pm 3,72$ καρπούς / φυτό στο CONTROL. Από τη στατιστική ανάλυση προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά μόνο για την 5^η εβδομάδα. Αντίθετα, το υπόλοιπο διάστημα δεν είχαμε στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο πειραματικών τεμαχίων.



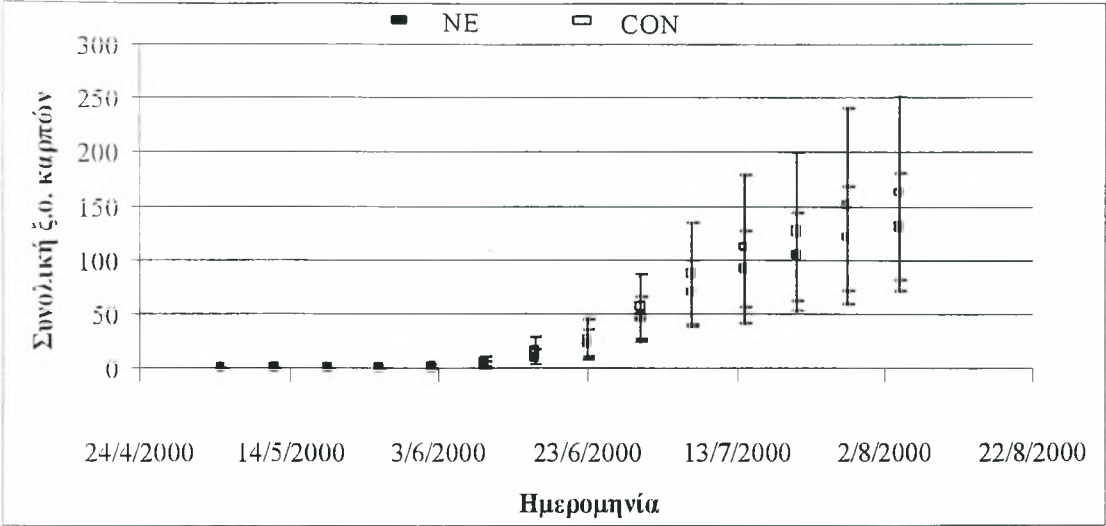
Σχήμα 15. Αριθμός καρπών ανά φυτό για το διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

Η ξηρά ουσία για τους καρπούς εκτιμήθηκε όπως προαναφέραμε και διαχωρίστηκε στην ξηρά ουσία των παρόντων καρπών και στη συνολική ξηρά ουσία. Όσον αφορά την παρούσα ξηρά ουσία όπως δείχνει και το σχήμα 16, για τις πρώτες 4 μετρήσεις είναι μηδέν στο NET ενώ στο CONTROL είναι $0,51 \text{ g} \pm 0,094$. Από την 5^η εβδομάδα ως και την 10^η παρατηρούμε αύξηση του ρυθμού παραγωγής ξηράς ουσίας καρπών, η οποία είναι σχεδόν γραμμική με αρχικές τιμές ($1,25 \text{ g} \pm 1,8$) για το (CON) και ($0,24 \text{ g} \pm 0,28$) για το (NET). Οι υπόλοιπες μετρήσεις παρουσιάζουν μείωση στο ξηρό βάρος των καρπών και για τα δύο θερμοκήπια με τελικές μέσες τιμές $41,92 \text{ g} \pm 8,34$ για το NET και $30,33 \text{ g} \pm 16,14$ για το CONTROL. Οι διαφορές μεταξύ του (CON) και του (NET) δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές.



Σχήμα 16. Παρούσα (εκτιμημένη) ξηρά ουσία καρπών από 5/5/2000 έως και 4/8/2000.

Τέλος, η συνολική εκτιμώμενη ξηρά ουσία των καρπών όπως και πριν ξεκινά για το CONTROL την 3^η εβδομάδα με αρχική τιμή $1,25 \text{ g} \pm 1,8$, ενώ για το NET την 4^η εβδομάδα με $0,24 \text{ g} \pm 0,28$, όπως δείχνει το σχήμα 17. Από εκεί και πέρα, υπάρχει μια αύξηση της τιμής της ξηράς ουσίας, η οποία είναι γραμμική και για τα δύο πειραματικά τεμάχια έως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου του πειράματος. Βέβαια οι διαφορές που προκύπτουν δεν είναι τόσο μεγάλες έτσι ώστε να παρουσιάζουν σημαντικότητα. Οι τελικές τιμές ξηράς ουσίας καρπών μέσο όρο $131,92 \text{ g} \pm 49,32$ στο NET και $162,29 \text{ g} \pm 90,11$ στο CON.



Σχήμα 17. Συνολική (εκτιμημένη) ξηρά ουσία καρπών για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

3.3 Κλιματικές μετρήσεις

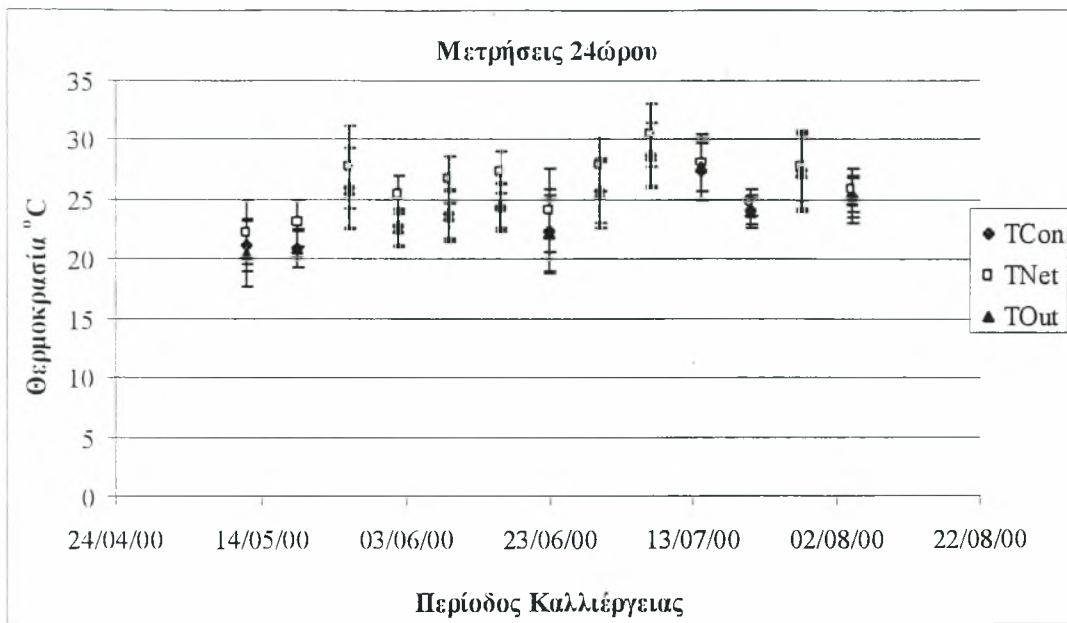
3.3.1 Σύγκριση κλιματικών δεδομένων

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την καταγραφή του κλίματος στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων και στο εξωτερικό περιβάλλον αυτών, αφορούσαν τη μέτρηση έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας (RG , W/m^2), σχετικής υγρασίας (RH , %) και θερμοκρασίας (T , $^{\circ}C$).

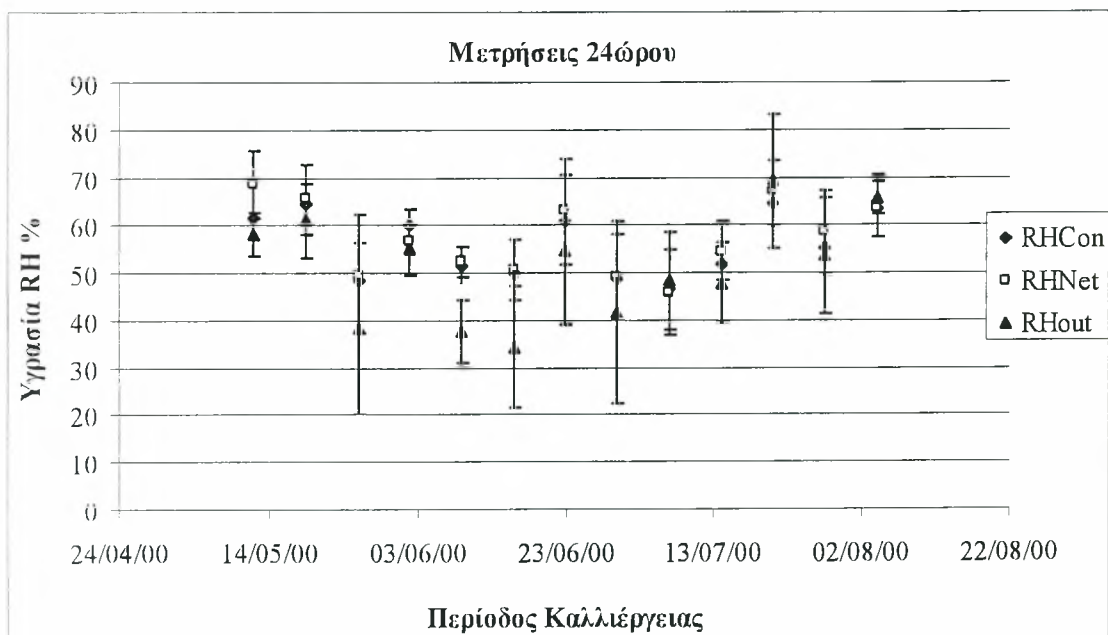
3.3.1.1 Μετρήσεις 24ώρου

Τα σχήματα 18 και 19 απεικονίζουν τη διακύμανση των μέσων εβδομαδιαίων μετρήσεων, Θερμοκρασίας (T , $^{\circ}C$) και Σχετικής Υγρασίας (RH , %) για την περίοδο ανάπτυξης των φυτών. Η θερμοκρασία, λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές κατά μέσο όρο για όλη την περίοδο στο θάλαμο με το δίχτυ εντομοστεγανότητας (NET , μέγιστη τιμή $30,46^{\circ}C$ και ελάχιστη $22,26^{\circ}C$), ακολουθεί ο μάρτυρας (CON , μέγιστη $28,82^{\circ}C$ και ελάχιστη $20,92^{\circ}C$) με σχετικά μικρότερες τιμές και τέλος το εξωτερικό περιβάλλον (OUT , μέγιστη $28,73^{\circ}C$ και ελάχιστη $20,49^{\circ}C$).

Οι διαφορές μεταξύ του (NET) και του (CON) είναι σχετικά μικρές για όλη την περίοδο της καλλιέργειας, με μεγαλύτερες διαφορές εκείνες των $2,9^{\circ}C$. Μεταξύ του (NET) και του (OUT), οι διαφορές είναι περίπου ίδιες, της τάξεως των $3^{\circ}C$. Συγκρίνοντας το θερμοκήπιο χωρίς δίχτυ (CON) με το εξωτερικό περιβάλλον (OUT) οι διαφορές είναι μικρότερες του $1^{\circ}C$.



Σχήμα 18. Μέση τιμή εβδομαδιαίων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του 24ώρου για το διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου από 5/5/2000 έως 4/8/2000.



Σχήμα 19. Μέση τιμή εβδομαδιαίων μετρήσεων υγρασίας για το χρονικό διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου

Ομοίως, συγκρίνοντας την σχετική υγρασία για τη διάρκεια του 24ώρου, βλέπουμε ότι η μέγιστη διαφορά μεταξύ του (NET) και του (CON) υπερβαίνει το 6% μόνο στην πρώτη μέτρηση, στις 12/5/2000. Για το υπόλοιπο διάστημα, οι διαφορές

ήταν μικρότερες του 4%. Μεταξύ του (NET) και του (OUT) οι διαφορές ήταν μεγαλύτερες, με το (NET) να παρουσιάζει υψηλότερες τιμές σε αρκετά σημεία της περιόδου. Μέγιστη διαφορά στα δύο περιβάλλοντα ήταν περίπου 16%. Τέλος, μεταξύ του (CON) και του (OUT) οι διαφορές είναι μικρότερες από πριν, με το (CON) να εμφανίζει υπεροχή στο μεγαλύτερο τμήμα των μετρήσεων με μεγαλύτερη διαφορά εκείνη των 15%. Οι μετρήσεις για την ακτινοβολία θα παρουσιαστούν στην 3.3.3.1 παράγραφο διότι οι τιμές του 24ώρου είναι ίδιες με εκείνες που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της ημέρας

Στον πίνακα 7 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις μέσες, μέγιστες και ελάχιστες εβδομαδιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας μεταξύ των τριών περιβαλλόντων και στον πίνακα 8 τις αντίστοιχες μηνιαίες κατά τη διάρκεια της περιόδου, τις μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για τη διάρκεια του 24ώρου. Από τον πίνακα 8 μπορούμε να παρατηρήσουμε πως οι διαφορές στις μέσες σχετικές υγρασίες μεταξύ του (NET) και του (CON) ήταν περίπου από 1 έως 3%. Μεταξύ των θερμοκηπίων και του εξωτερικού περιβάλλοντος (OUT) οι διαφορές κυμαίνονταν από 5 έως 10%.

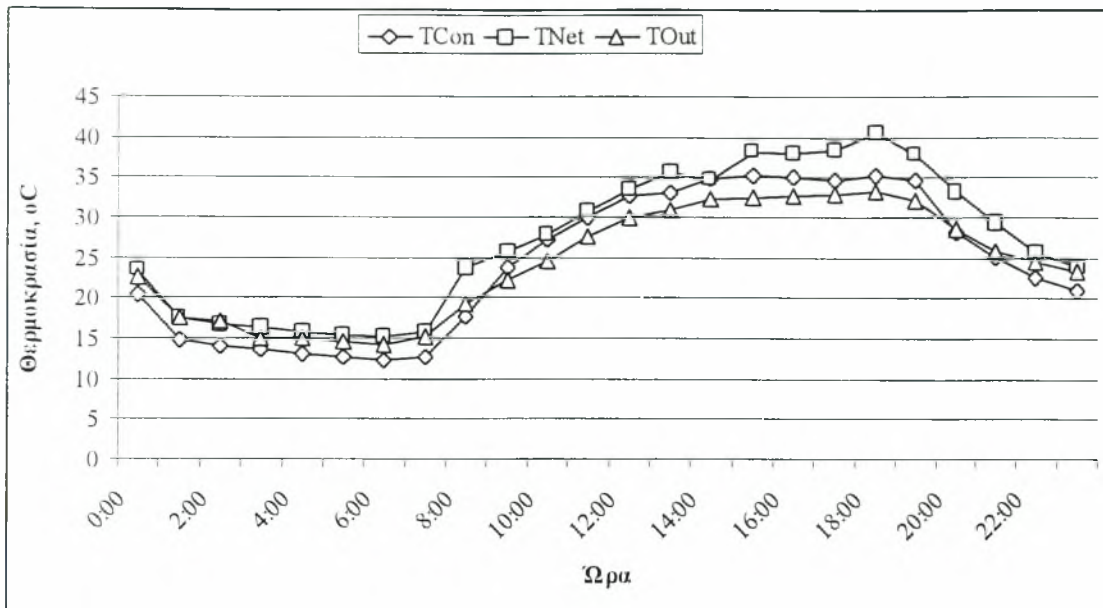
Πίνακας 7. Μέσος όρος Θερμοκρασίας (°C) και Σχετικής Υγρασίας (%) για τη διάρκεια του 24ώρου.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ 24ώρου						
Περίοδος	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)		
	CON	NET	OUT	CON	NET	OUT
12/05/00	21,3	22,3	20,5	61,8	68,7	58,3
19/05/00	20,9	23,0	20,8	64,7	65,6	61,2
26/05/00	25,9	27,8	25,9	48,5	49,8	38,4
02/06/00	22,7	25,5	22,6	60,1	56,7	55,1
09/06/00	23,7	26,7	23,7	51,6	52,5	37,8
16/06/00	24,4	27,3	24,5	50,2	50,7	34,5
23/06/00	22,3	24,1	22,2	61,0	63,0	54,8
30/06/00	25,7	28,0	25,6	49,0	49,5	41,7
07/07/00	28,8	30,5	28,7	46,6	45,9	48,4
14/07/00	27,4	28,0	27,7	52,0	54,7	47,9
21/07/00	24,2	24,8	24,0	64,8	66,7	69,4
28/07/00	27,4	27,8	27,3	55,3	58,5	53,6
04/08/00	25,3	25,8	25,0	63,5	63,9	65,7

Πίνακας 8. Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας για ολόκληρη την περίοδο και ανά μήνα.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ 24ώρου						
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ(%)			
ΠΕΡΙΟΔΟΥ	CON	NET	OUT	CON	NET	OUT
Μέγιστη	28,8	30,5	28,7	64,8	68,7	69,4
Ελάχιστη	20,9	22,3	20,5	46,6	45,9	34,5
Μέση	24,6	26,3	24,5	56,1	57,4	51,3
ΜΑΪΟΥ						
Μέγιστη	25,9	27,8	25,9	64,7	68,7	61,2
Ελάχιστη	20,9	22,3	20,5	48,5	49,8	38,4
Μέση	22,7	24,4	22,4	58,3	61,4	52,6
ΙΟΥΝΙΟΥ						
Μέγιστη	25,7	28,0	25,6	61,0	63,0	55,1
Ελάχιστη	22,3	24,1	22,2	49,0	49,5	34,5
Μέση	23,8	26,3	23,7	54,4	54,5	44,8
ΙΟΥΛΙΟΥ						
Μέγιστη	28,8	30,5	28,7	64,8	66,7	69,4
Ελάχιστη	24,2	24,8	24,0	46,6	45,9	47,9
Μέση	26,9	27,8	26,9	54,7	56,5	54,8

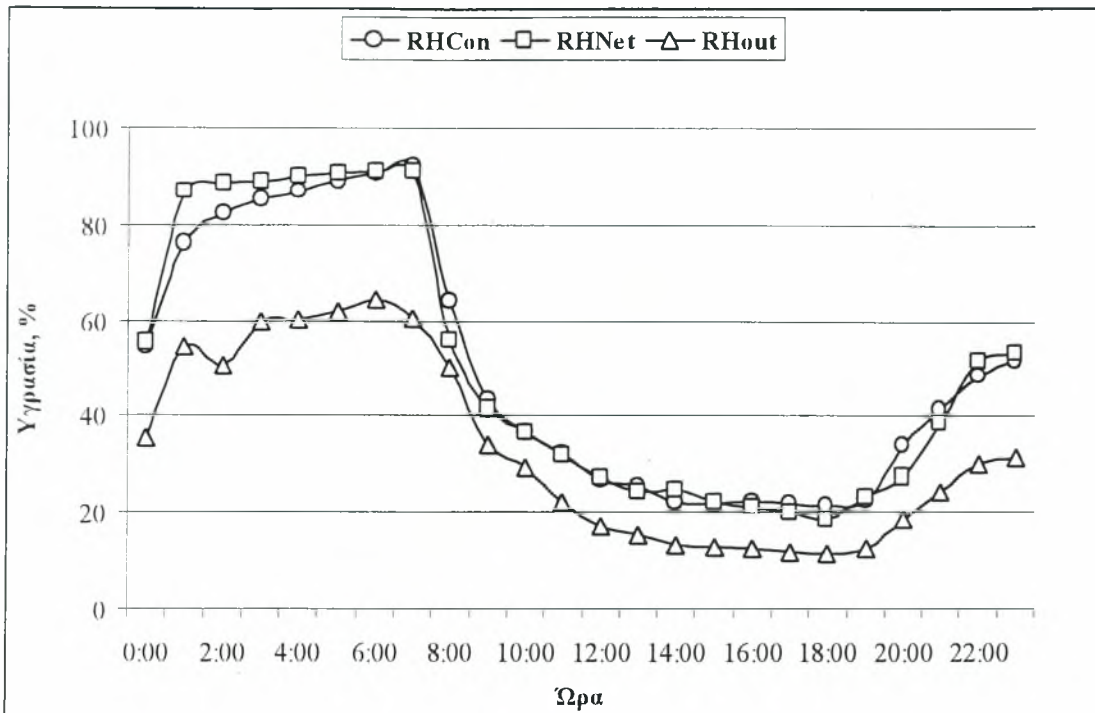
Στο σχήμα 18Α, παρουσιάζεται η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας κατά την 6/6/2000.



Σχήμα 18Α. Διαγραμματική απεικόνιση θερμοκρασίας στα τρία περιβάλλοντα κατά τη διάρκεια του 24ώρου για τις 6-6-2000

Από το σχήμα 18Α μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι η θερμοκρασία στο (NET) παραμένει υψηλότερη από το θερμοκήπιο χωρίς δίχτυ (CON) και ακόμη περισσότερο από το εξωτερικό περιβάλλον (OUT) για το μεγαλύτερο διάστημα της ημέρας με μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ (NET) και (CON) τους 5,94 °C.

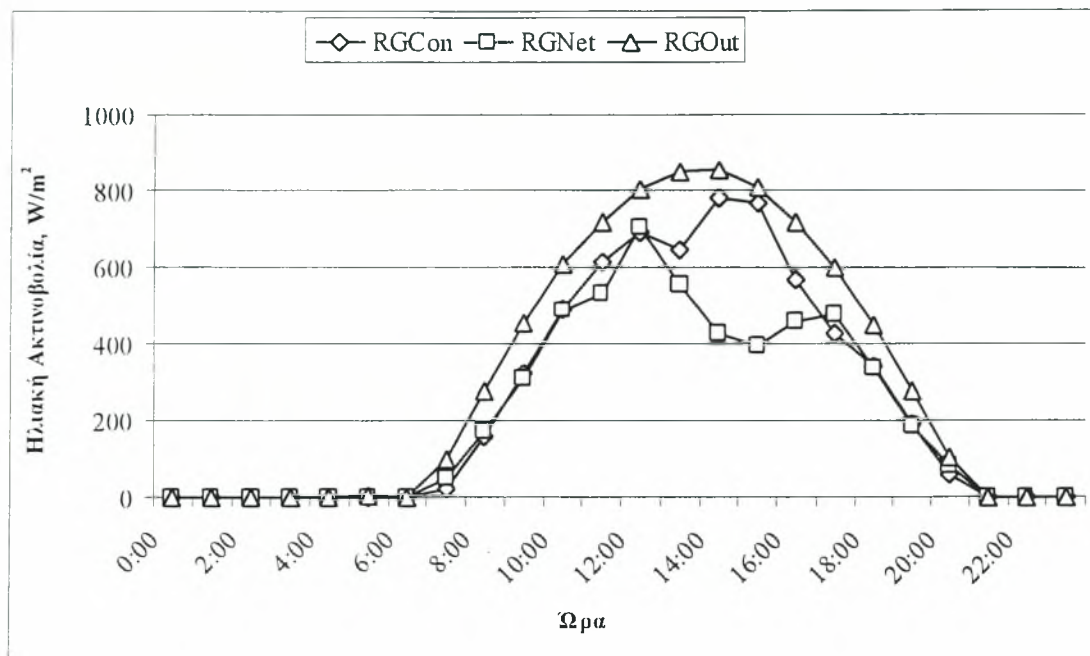
Στο σχήμα 18Β απεικονίζεται η ημερήσια πορεία της υγρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας για το ίδιο χρονικό διάστημα (6-6-2000).



Σχήμα 18B. Απεικόνιση της υγρασίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου για τις 6-6-2000.

Από το σχήμα 18B παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια του 24ώρου, η υγρασία μεταξύ του (NET) και του (CON) είναι περίπου ίδιες με μικρές διαφορές μεταξύ των δύο θαλάμων. Αντίθετα με το εξωτερικό περιβάλλον οι διαφορές είναι περισσότερο αισθητές με τους 2 θαλάμους να υπερέχουν έως και 40% έναντι του εξωτερικού περιβάλλοντος κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Τέλος στο σχήμα 18Γ παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας για τη συγκεκριμένη ημερομηνία (6-6-2000).

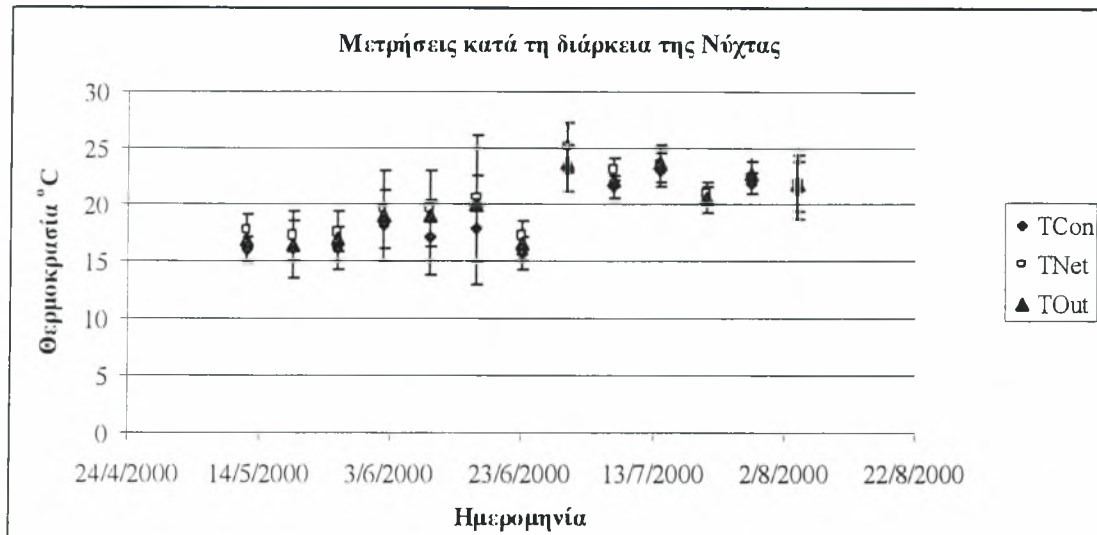


Σχήμα 18Γ. Τιμές ακτινοβολίας (W/m^2) στα τρία περιβάλλοντα για τις 6-6-2000 και όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

Από το προηγούμενο διάγραμμα 18Γ παρατηρούμε για τη συγκεκριμένη ημερομηνία ότι το θερμοκήπιο (NET) παρουσιάζει μικρότερες τιμές ακτινοβολίας σε σχέση με το (CON) και το εξωτερικό περιβάλλον (OUT), έως και 460 W/m^2 , ποσοστό έως και 60% μεταξύ του (NET) και του (OUT) κατά το διάστημα 14:00 έως 17:00 μ.μ.

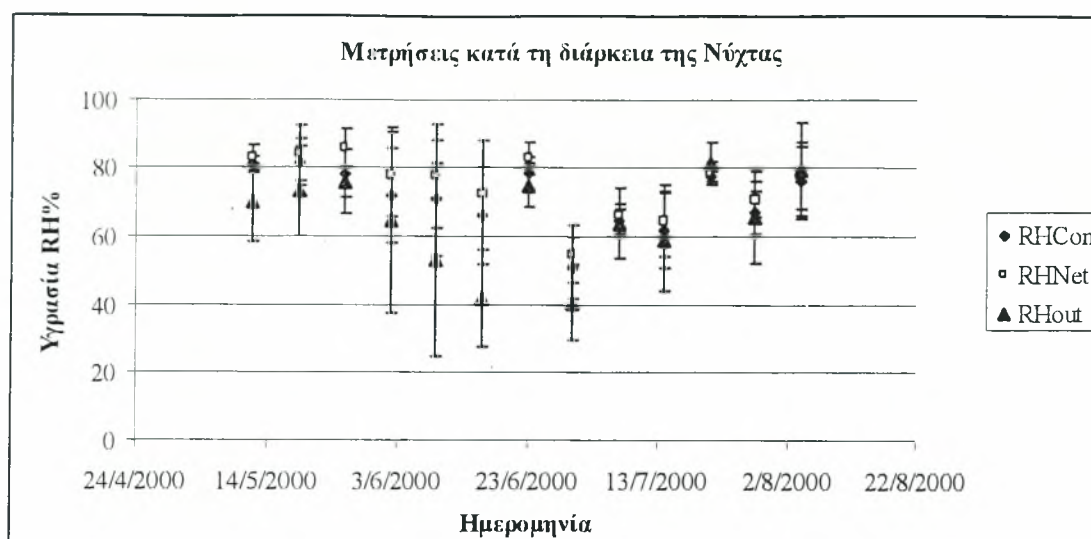
3.3.1.2 Μετρήσεις κατά τη διάρκεια της νύχτας

Στα σχήματα 20 και 21 απεικονίζονται οι μέσες εβδομαδιαίες τιμές θερμοκρασίας (T) και σχετικής υγρασίας (RH) για τη διάρκεια της νύχτας



Σχήμα 20. Μέσες εβδομαδιαίες θερμοκρασίες για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος

Η θερμοκρασία και η υγρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπως φαίνονται στα σχήματα 20 και 21 είναι μεγαλύτερες στο (NET) σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον (OUT) και το μάρτυρα (CON). Ειδικότερα, η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας μεταξύ του (NET) και του (CON) δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις 0,5 έως 2,79 °C. Οι διαφορές του (NET) και του εξωτερικού περιβάλλοντος (OUT) είναι μικρότερες με τη μεγαλύτερη τιμή τους 1,33 °C. Μεταξύ του μάρτυρα (CON) και του (OUT) οι διαφορές είναι από 1 έως 2,1 °C υψηλότερες τιμές στο (CON). Λεπτομερειακά οι διαφορές κατά τη διάρκεια της νύχτας παρουσιάζονται στον πίνακα 9.



Σχήμα 21. Μέσες εβδομαδιαίες τιμές σχετικής υγρασίας για το διάστημα διεξαγωγής του πειράματος

Η υγρασία ακολουθεί τα ίδια χαρακτηριστικά με τη θερμοκρασία, όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω, με διαφορά υγρασίας μεταξύ του (NET) και του (CON) να μην είναι μεγαλύτερη από 8% (μεγαλύτερη η υγρασία στο NET). Σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον (OUT) είναι φανερή η διαφορά του θαλάμου με το δίκτυ (NET) στην υγρασία, με μέγιστη διαφορά έως και 30,37%. Διαφορές μεταξύ 10 και 15 % έχουμε για 4 χρονικές περιόδους, στις 12/5/2000 (13%), 19/5/2000 (10,83%), 2/6/2000 (13,16%) και 30/6/2000 (14,18%). Το υπόλοιπο διάστημα οι διαφορές ήταν μικρότερες από 10%. Στον πίνακα 9 φαίνονται αναλυτικά οι διάφορες τιμές Υγρασίας για το διάστημα που διεξήχθησαν οι μετρήσεις.

Πίνακας 9. Μέσος Όρος Υγρασίας (RH, %) και Θερμοκρασίας (T, °C) νύχτας για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

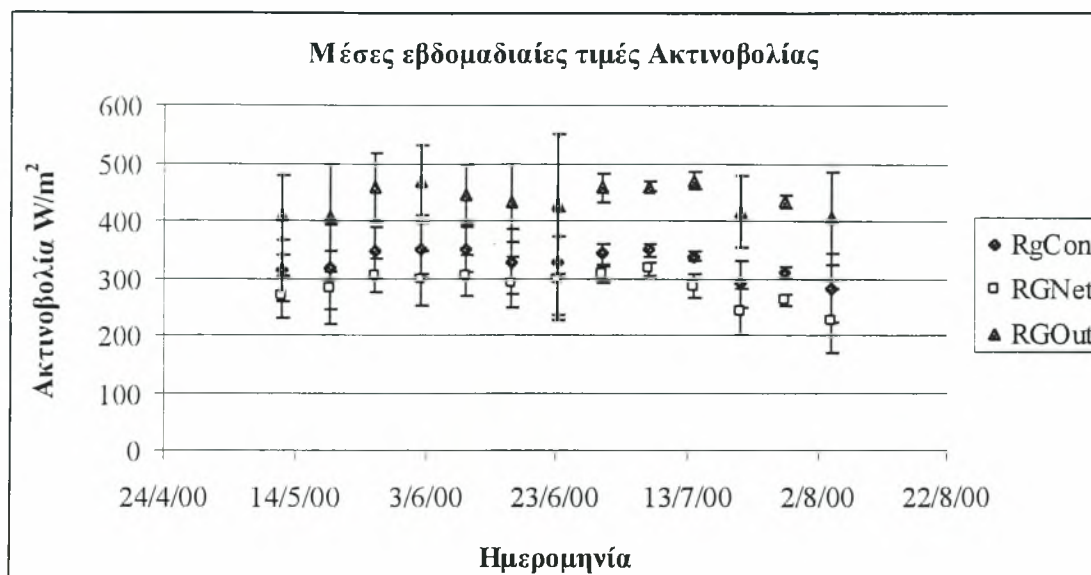
ΝΥΧΤΑ						
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (T, °C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (RH, %)		
	CON	NET	OUT	CON	NET	OUT
12/05/00	16,0	17,7	16,9	81,0	82,8	69,8
19/05/00	16,1	17,3	16,4	81,5	84,3	73,4
26/05/00	16,1	17,6	17,0	78,2	85,8	75,9
02/06/00	18,1	19,6	19,0	72,0	78,0	64,8
09/06/00	17,1	19,7	19,0	71,1	77,8	53,2
16/06/00	17,8	20,6	20,0	66,2	72,2	41,8
23/06/00	15,7	17,4	16,5	78,4	82,8	74,9
30/06/00	23,2	25,1	23,8	50,9	54,9	40,7
07/07/00	21,5	23,1	22,2	64,5	66,0	64,0
14/07/00	23,0	23,6	23,7	61,9	64,7	58,9
21/07/00	20,4	21,0	20,6	77,6	78,7	81,5
28/07/00	21,9	22,4	22,7	67,0	71,0	65,7
04/08/00	21,3	21,9	21,8	76,1	78,0	79,3

Στον πίνακα 10 παρουσιάζονται δεδομένα (μέγιστη, ελάχιστη και μέση τιμή) Θερμοκρασίας και Υγρασίας κατά μήνα και για όλη την περίοδο καλλιέργειας. Η διαφορά υγρασίας μεταξύ (NET) και (OUT) είναι μεγαλύτερη σε ποσοστό 13,61%, μεταξύ (NET) και (CON) όπου το θερμοκήπιο με δίχτυ υπερέχει σε ποσοστό 5,17% και τέλος μεταξύ του (CON) και του (OUT) ο μάρτυρας (CON) έχει υψηλότερη τιμή υγρασίας σε ποσοστό 8,9%.

Πίνακας 10. Μέγιστες, Ελάχιστες και Μέσες τιμές Θερμοκρασίας και Υγρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας

ΝΥΧΤΑ						
ΠΕΡΙΟΔΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (T, °C)			ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (RH, %)		
	CON	NET	OUT	CON	NET	OUT
Μέγιστη	23,2	25,1	23,8	81,5	85,8	81,5
Ελάχιστη	15,7	17,3	16,4	50,9	54,9	40,7
Μέση	19,1	20,5	20,0	71,3	75,2	64,9
ΜΑΪΟΥ						
Μέγιστη	16,1	17,7	17,0	81,5	85,8	75,9
Ελάχιστη	16,0	17,3	16,4	78,2	82,8	69,8
Μέση	16,1	17,5	16,8	80,2	84,3	73,1
ΙΟΥΝΙΟΥ						
Μέγιστη	23,2	25,1	23,8	78,4	82,8	74,9
Ελάχιστη	15,7	17,4	16,5	50,9	54,9	40,7
Μέση	18,4	20,5	19,6	67,7	73,1	55,1
ΙΟΥΛΙΟΥ						
Μέγιστη	23,0	23,6	23,7	77,6	78,7	81,5
Ελάχιστη	20,4	21,0	20,6	61,9	64,7	58,9
Μέση	21,7	22,5	22,3	67,8	70,1	67,5

3.3.1.3 Μετρήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας

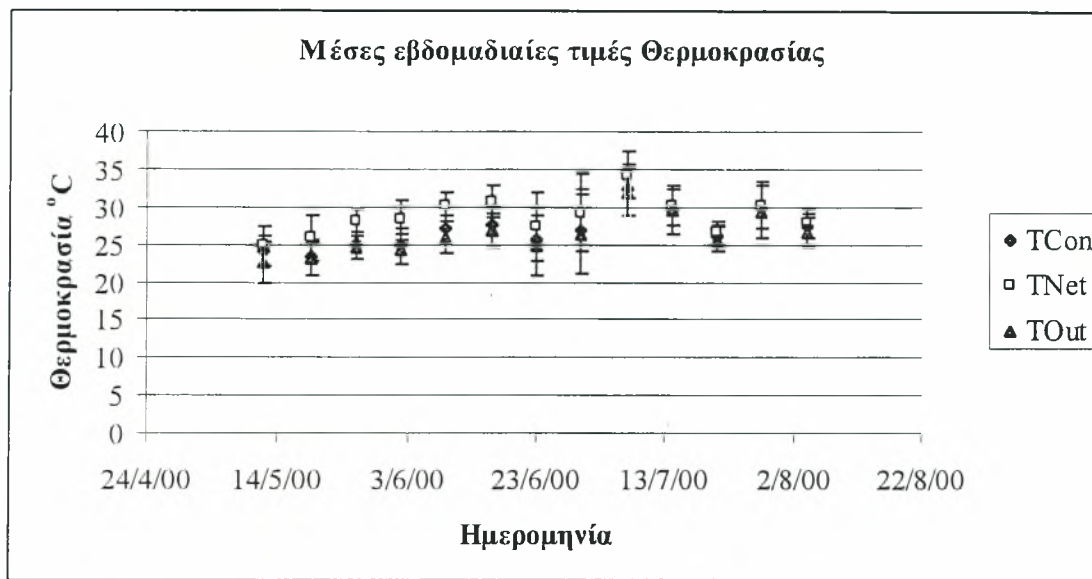


Σχήμα 22. Μέσες τιμές ακτινοβολίας για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

Στο σχήμα 22 φαίνονται οι μέσες εβδομαδιαίες τιμές της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται σε κάθε θερμοκήπιο καθώς και την προσπίπτουσα στο εξωτερικό περιβάλλον. Το σύνολο της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (RG), είναι μεγαλύτερο για ολόκληρο το διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου στο εξωτερικό περιβάλλον (OUT). Ακολουθεί με μικρότερες τιμές η εισερχόμενη ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου χωρίς δίχτυ (CON) και τέλος τη μικρότερη τιμή την έχει ο θάλαμος με το δίχτυ εντομοστεγανότητας (NET). Ο μέσος συντελεστής διαπερατότητας για το (NET) (RG_{NET} / RG_{OUT}) και για το χρονικό διάστημα από 5/5/2000 έως και 4/8/2000 είναι κατά μέσο όρο 0,64, ενώ, αντίθετα, για το (CON) ο συντελεστής διαπερατότητας είναι 0,74.

Ειδικότερα, οι διαφορές μεταξύ του (CON) και του (NET) είναι από 27,95 W/m² για τη μικρότερη τιμή έως 57,5 W/m² για τη μέγιστη διαφορά, με το (CON) να είναι μεγαλύτερο του (NET).

Γενικά, το ποσοστό της ακτινοβολίας που εισέρχεται στους θαλάμους και όπως προκύπτει από το συντελεστή διαπερατότητας, είναι μειωμένο κατά Μ.Ο, 25,27% για το (CON) και 35,22% για το (NET), σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον (OUT). Η μέγιστη, η ελάχιστη, και η μέση τιμή της ακτινοβολίας τόσο για το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε το πείραμα όσο και ανά μήνα φαίνονται στον πίνακα 11.



Σχήμα 23. Μέσες τιμές θερμοκρασίας για τη διάρκεια του πειράματος

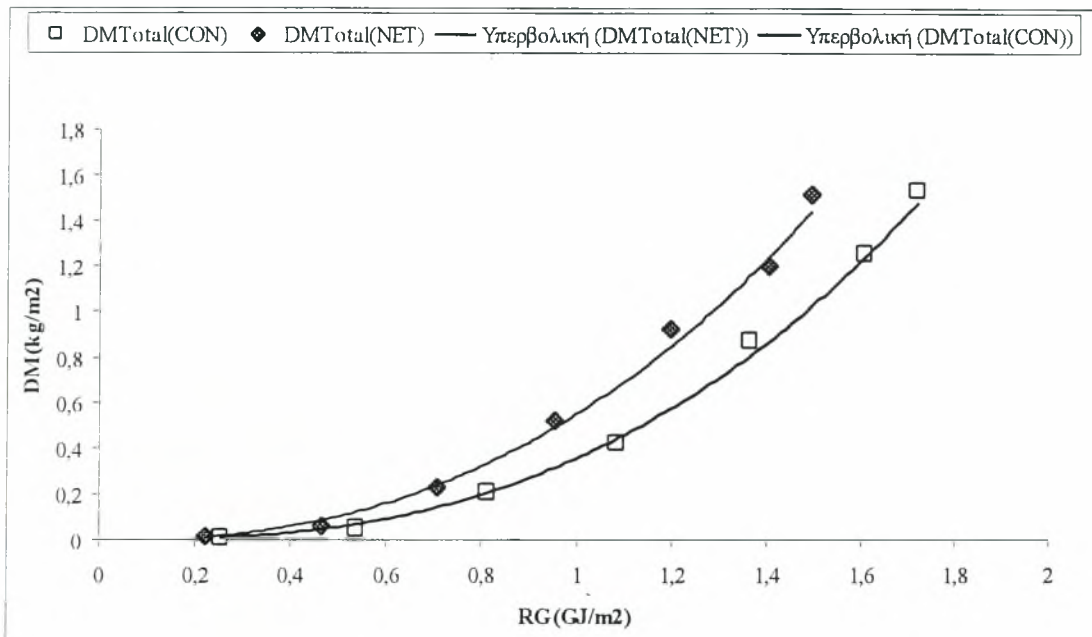
Η μέση εβδομαδιαία θερμοκρασία (T , $^{\circ}\text{C}$) (σχήμα 23), παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές στο θερμοκήπιο με δίχτυ (NET), κατόπιν ακολουθεί ο μάρτυρας (CON) και τέλος τις μικρότερες τιμές έχει το εξωτερικό περιβάλλον (OUT). Συγκρίνοντας αρχικά το (NET) με το (CON), οι διαφορές στη θερμοκρασία είναι περίπου κατά 2 - 3 $^{\circ}\text{C}$ μεγαλύτερες στο (NET). Οι διαφορές στη θερμοκρασία μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος (OUT) και του μάρτυρα (CON) είναι περίπου 1 $^{\circ}\text{C}$ (μεγαλύτερες τιμές στο OUT). Τέλος, μεταξύ του (NET) και του (OUT) οι διαφορές είναι πάνω από 2 $^{\circ}\text{C}$, με μέγιστη διαφορά τους 4,14 $^{\circ}\text{C}$ (μεγαλύτερες τιμές στο NET). Στον πίνακα 11 φαίνονται οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες θερμοκρασίες για τα τρία περιβάλλοντα, ανά μήνα και για το σύνολο της περιόδου διεξαγωγής του πειράματος.

Πίνακας 11. Μέγιστες και Ελάχιστες τιμές (μηνιαίες και ολοκλήρου της περιόδου)
για τη διάρκεια της ημέρας

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΗΜΕΡΑΣ									
ΗΛ. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (RG, W/m ²)			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (T, °C)			ΣΧΕΤ. ΥΓΡΑΣΙΑ (RH, %)			
ΠΕΡΙΟΔΟΥ	CON	NET	OUT	CON	NET	OUT	CON	NET	OUT
Μέγιστη	372,1	335,5	478,5	32,5	34,3	32,0	58,2	61,2	63,1
Ελάχιστη	299,6	261,5	390,7	23,4	24,8	22,6	37,2	35,3	30,0
Μέση	337,1	296,7	435,2	27,0	28,8	26,4	50,0	49,8	46,6
ΜΑΪΟΥ									
Μέγιστη	336,8	286,4	440,4	25,3	28,1	24,6	56,0	61,2	54,9
Ελάχιστη	333,1	284,2	437,2	23,4	24,8	22,6	51,7	48,3	48,1
Μέση	335,0	285,5	438,5	24,3	26,3	23,4	53,9	55,2	51,7
ΙΟΥΝΙΟΥ									
Μέγιστη	340,4	301,6	432,5	27,7	30,7	26,9	54,3	53,7	50,6
Ελάχιστη	299,6	261,5	390,7	24,9	27,4	24,4	41,8	39,7	30,0
Μέση	319,8	280,9	414,0	26,4	29,2	25,7	47,8	45,3	39,7
ΙΟΥΛΙΟΥ									
Μέγιστη	372,1	335,5	477,6	32,5	34,3	32,0	58,2	60,4	63,1
Ελάχιστη	342,7	305,6	434,9	26,1	26,7	25,7	37,2	35,3	40,5
Μέση	352,3	316,2	448,4	29,6	30,4	29,3	48,1	49,5	48,5

3.3.2 Σύγκριση κλίματος και ανάπτυξης των φυτών

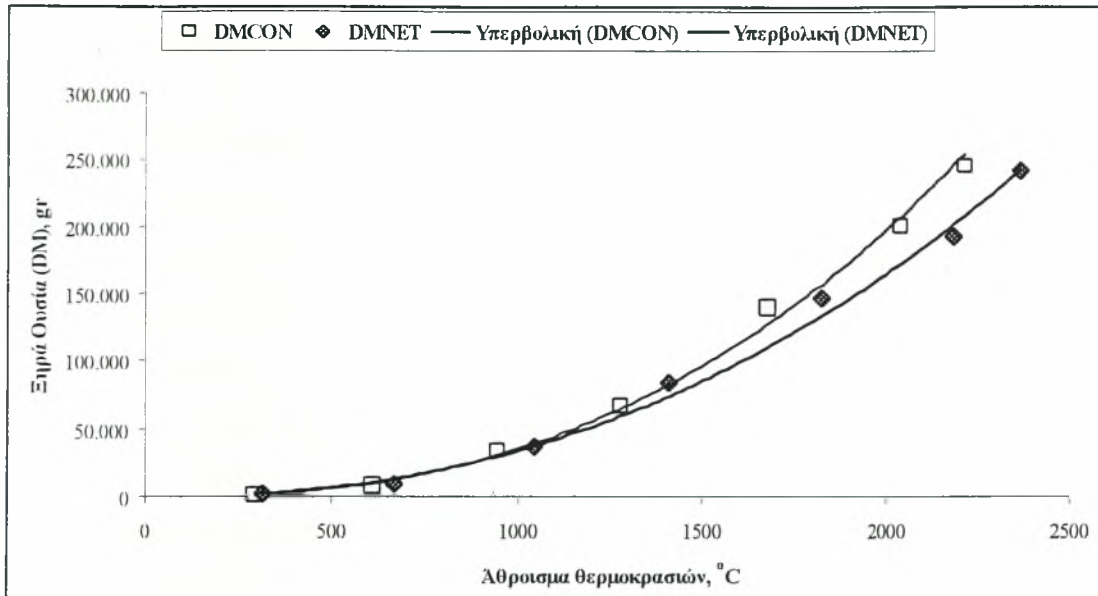
Στο σχήμα 24 γίνεται σύγκριση της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στα θερμοκήπια σε σχέση με την παραγωγή ξηράς ουσίας των φυτών.



Σχήμα 24. Παραγόμενη Ξηρά Ουσία φυτών ανά m² εδάφους σε σχέση με το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

Από το σχήμα 24, παρατηρούμε για το ίδιο ποσό ενέργειας, το (NET) παρουσιάζεται περισσότερο αποτελεσματικό στην παραγωγή της ξηράς ουσίας. Οι εξισώσεις που λαμβάνονται μετά τη συσχέτιση ακτινοβολίας και ξηράς ουσίας είναι και για τα δύο θερμοκήπια υπερβολικής μορφής. Για το (NET) η εξίσωση έχει μορφή $y = 0,5487 * x^{2,4011}$ με $R^2 = 0,9901$, ενώ αντίθετα για το (CON) η εξίσωση είναι $y = 0,3554 * x^{2,6301}$ με $R^2 = 0,995$.

Στο σχήμα 25 γίνεται σύγκριση του αθροίσματος θερμοκρασίας σε σχέση με την ξηρά βιομάζα που παράγουν τα φυτά.



Σχήμα 25. Σύγκριση Ξηράς Ουσίας φυτών σε σχέση με το συνολικό άθροισμα της θερμοκρασίας για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

Από το σχήμα 25 παρατηρούμε πως για το ίδιο άθροισμα θερμοκρασιών το θερμοκήπιο (CON) παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσό παραγόμενης ξηράς βιομάζας. Οι εξισώσεις που προκύπτουν από τη συσχέτιση της ξηράς ουσίας με τη θερμοκρασία είναι υπερβολικής μορφής και για το (NET) είναι: $y = 0,0048 * x^{2,2847}$ με $R^2 = 0,9916$ ομοίως για το (CON) η μορφή της εξίσωσης είναι: $y = 0,0012 * x^{2,4874}$ με $R^2 = 0,9971$

4 Συζήτηση

4.1 Ανάπτυξη της καλλιέργειας

4.1.1 Μη καταστροφικές μετρήσεις

Η εξέλιξη της καλλιέργειας στα δύο πειραματικά τεμάχια, για το χρονικό διάστημα από 5/5/2000 ως και 4/8/2000, για τις διάφορες μεταβλητές των μη καταστροφικών μετρήσεων που επιλέξαμε να μετρήσουμε έδειξε τα εξής:

Όσον αφορά το ύψος, φάνηκε πως η αύξηση του μήκους των φυτών είναι ομαλή και στα δύο θερμοκήπια για ολόκληρο το χρονικό διάστημα των μετρήσεων χωρίς έντονες διακυμάνσεις. Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντικές διαφορές πράγμα το οποίο μπορεί εύκολα να αντληφθεί κανείς από τη συνεχή επικάλυψη των τυπικών αποκλίσεων.

Ελέγχοντας την παρούσα φυλλική επιφάνεια και παρατηρώντας την αύξησή της με το χρόνο, το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι η αύξησή της είναι γραμμική ως και τα μέσα των μετρήσεων. Από εκεί και έως το τέλος η παρούσα φυλλική επιφάνεια μειώνεται χωρίς βέβαια να δημιουργεί διαφορές. Η μείωσή της οφείλεται στην καλλιεργητική τεχνική αφαίρεσης των κατώτερων φύλλων, αφενός γιατί τα φύλλα αυτά είναι γηρασμένα και παλιά και αφετέρου γιατί δημιουργούνται καλύτερες συνθήκες αερισμού στο περιβάλλον του φυτού και του θερμοκηπίου γενικότερα. Έτσι, τα φύλλα που παραμένουν είναι νεώτερα και με μικρότερη φυλλική επιφάνεια. Και σε αυτή τη μεταβλητή από τη στατιστική ανάλυση δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων. Ομοίως και η συνολική επιφάνεια των φυτών δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε κανένα σημείο της καλλιέργειας.

Η αύξηση του αριθμού των κόμβων και των ταξιανθιών ακολουθούν και αυτά γραμμική αύξηση για όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και σε κανένα σημείο δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές. Ο αριθμός των ταξιανθιών που απεικονίζεται στο σχήμα 14, αυξάνει γραμμικά και δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε κανένα στάδιο των μετρήσεων, με αποτέλεσμα και σ' αυτή την περίπτωση τα δίχτυα να μην δρουν με ανασταλτικό τρόπο στην ομαλή ανάπτυξη των φυτών.

Ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, για τις τρεις πρώτες εβδομάδες είναι μηδενικός και αυτό οφείλεται βέβαια στο ότι, τα φυτά λόγω ηλικίας, δεν ήταν σε θέση να δημιουργήσουν καρπούς σ' αυτό το συγκεκριμένο στάδιο της ανάπτυξης τους. Στη συνέχεια η παραγωγή των καρπών αυξήθηκε με το χρόνο και ακολούθησε περίπου γραμμική αύξηση έως και τη 10^η μέτρηση. Από εκεί και πέρα παρατηρήθηκε σταθεροποίηση του αριθμού των παραγόμενων καρπών γεγονός που οφείλεται αφενός στην αφαίρεση των ώριμων καρπών από τα φυτά και αφετέρου στην παραγωγή νέων από τα φυτά.

Η ξηρά ουσία των καρπών εκτιμήθηκε όπως προαναφέρθηκε με τη βοήθεια εξίσωσης που βαθμονομήθηκε με πειραματικές μετρήσεις και διαχωρίστηκε σε παρούσα και ολική ξηρά ουσία καρπών. Για τις τέσσερις πρώτες μετρήσεις, η τιμή της ξηράς ουσίας παρουσιάζει μηδενικές τιμές και αυτό γινόταν διότι οι καρποί ή δεν υπήρχαν πάνω στο φυτό ή επειδή είναι πολύ μικροί, το ξηρό βάρος τους δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί από την εξίσωση, αφού όπως αναφέραμε και παραπάνω η ξηρά ουσία των καρπών για τις μη καταστροφικές μετρήσεις αφορούσε καρπούς με διάμετρο μεγαλύτερη από 1,2 cm. Από την 5^η ως και την 10^η εβδομάδα των μετρήσεων, η αύξηση του μέσου όρου του αριθμού των καρπών που βρίσκονται επάνω στο φυτό είναι σχεδόν γραμμική. Από την 11^η μέτρηση και έπειτα παρατηρείται γραμμική μείωση του μέσου όρου του αριθμού των καρπών ανά φυτό και το οποίο οφείλεται στην αφαίρεση των ώριμων καρπών. Η μείωση αυτή στο ξηρό βάρος των καρπών είναι και σ' αυτή την περίπτωση περίπου γραμμική. Τέλος, η ολική ξηρά ουσία των καρπών, εκτός από τις 4 πρώτες μετρήσεις όπου δεν εμφανίζει τιμές, η αύξηση του ξηρού βάρους είναι γραμμική για όλη την περίοδο των μετρήσεων, χωρίς στατιστικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων σε κανένα χρονικό σημείο της καλλιέργειας.

4.1.2 Καταστροφικές μετρήσεις

Η παρούσα φυλλική επιφάνεια του φυτού για τις καταστροφικές μετρήσεις και για τα δύο πειραματικά τεμάχια όπως φάνηκε, αυξήθηκε με την πάροδο του χρόνου έως την 5^η μέτρηση και κατόπιν παρατηρήθηκε μείωσή της, γεγονός που οφείλεται στην αφαίρεση των παλαιότερων φύλλων. Αντίθετα η συνολική φυλλική επιφάνεια παρουσιάζεται αυξανόμενη σε σχέση με το χρόνο και αυτό είναι αποδεκτό αν αναλογιστούμε πως η συνολική τιμή φυλλικής επιφάνειας ήταν το άθροισμα της

παρούσας και της φυλλικής επιφάνειας που απομακρύνθηκε με το κλάδευμα των φυτών.

Όσον αφορά την ξηρά ουσία των βλαστών παρατηρήθηκε γενικά αύξηση της ξηράς βιομάζας των βλαστών σε σχέση με το χρόνο και για τα δύο θερμοκήπια χωρίς όμως διαφορά μεταξύ των θαλάμων.

Στα σχήματα 15 και 16 απεικονίζεται η ξηρά ουσία των φύλλων, παρούσα και ολική. Η εξέλιξή της με το χρόνο παρουσιάζει γραμμική αύξηση για τις 5 πρώτες μετρήσεις, στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των τεμαχίων δεν παρατηρήθηκε σε καμία μέτρηση. Η πτώση της τιμής της παρούσας ξηράς ουσίας για τις επόμενες 3 μετρήσεις οφειλόταν όπως και παραπάνω στην αφαίρεση των κατώτερων φύλλων των φυτών. Ομοίως και στην ολική ξηρά ουσία των φύλλων.

Για την ξηρά ουσία των καρπών, για τις τρεις πρώτες μετρήσεις οι τιμές ήταν μηδενικές, αφού όπως αναφέραμε και πριν το στάδιο τους δεν ήταν ικανό να μας δώσει τιμές ξηρού βάρους. Από την 4^η μέτρηση και έπειτα, παρατηρείται αύξηση του ξηρού βάρους ως και την 6^η μέτρηση. Στην 6^η και 7^η μέτρηση παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 2 θερμοκηπίων και η αιτία είναι στην αφαίρεση περισσότερων καρπών από το (NET) μιας και οι καρποί αυτοί ήταν περισσότερο ώριμοι από ότι οι καρποί στο (CON).

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα δίχτυα εντομοστεγανότητας δεν προκάλεσαν διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών.

4.2 Κλιματικά δεδομένα

4.2.1 Ακτινοβολία – Θερμοκρασία – Σχετική Υγρασία

Πολλοί ερευνητές, (Berlinger et al., 1998; Munoz et. al. 1999; και Miguel et. al 1998) αναφέρουν ότι τα δίχτυα προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2 - 3 °C λόγω μείωσης του αερισμού στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Από πειραματικές μετρήσεις στο ίδιο θερμοκήπιο που διεξήχθη η παρούσα μελέτη και χρησιμοποιώντας αριθμητικές μεθόδους, οι Bartzanas et. al. (2001) διερεύνησαν την επίδραση των δικτύων στη διαμόρφωση του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και διαπίστωσαν μείωση του αερισμού (έως 50%) καθώς και αύξηση της θερμοκρασίας 3 - 4 °C.

Ειδικότερα και από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, η ακτινοβολία που εισέρχεται στο θερμοκήπιο με το δίχτυ είναι μικρότερη στο (NET) από ότι στο (CON). Οι διαφορές στο ποσό της ακτινοβολίας μεταξύ των θαλάμων είναι από 6,5% η ελάχιστη και 14,19% η μέγιστη. Η μείωση της ακτινοβολίας στο (NET) είναι λογική αν αναλογιστεί κανείς πως το δίχτυ (και κυρίως εκείνο που βρίσκεται στην κορυφή) εμποδίζει την είσοδο μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας. Η διαφορά αυτή δε φαίνεται να επηρεάζει την ομαλή ανάπτυξη των φυτών. Η ακτινοβολία για μία συγκεκριμένη ημέρα όπως παρουσιάστηκε στο σχήμα 18Γ παρουσιάζει τις μεγαλύτερες διαφορές έως και 46% στην ηλιακή ακτινοβολία μεταξύ του (NET) και του (OUT) για το χρονικό διάστημα από 13:30 έως και 16:00 μ.μ. Η διαφορά αυτή (μικρότερη τιμή στο (NET)) οφειλόταν στο γεγονός ότι για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και καθώς η κίνηση του ηλίου είναι προς δυσμάς, η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μέσω του δικτύου εντομοστεγανότητας το οποίο προκαλούσε παροδική σκίαση στο αισθητήριο που ήταν τοποθετημένο κάτω από την οροφή του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια οι τιμές της ακτινοβολίας πιθανόν να μην είναι οι πραγματικές. Αντίθετα, μεταξύ του (CON) και του (OUT) (μεγαλύτερη τιμή στο εξωτερικό περιβάλλον) οι διαφορές μεταξύ τους για το ίδιο χρονικό διάστημα είναι περίπου 20%.

Όπως προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του θερμοκηπίου με το δίχτυ (NET) και του μάρτυρα (CON) είναι 2 - 3 °C, ενώ αντίθετα μεταξύ του (CON) και του εξωτερικού περιβάλλοντος, η διαφορά ήταν 1 °C περίπου. Τέλος, η διαφορά μεταξύ του (NET) και του (OUT) είναι περίπου 3 - 4 °C.

Όσον αφορά τη σχετική υγρασία παρατηρήθηκαν τιμές μεγαλύτερες στο εσωτερικό των θερμοκηπίων από ότι στο εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η μέση σχετική υγρασία στο (NET) ήταν μεγαλύτερη σε μικρό ποσοστό (έως 3%) του (CON) για το χρονικό διάστημα που διεξήχθη το πείραμα χωρίς όμως σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η χρήση των δικτύων εντομοστεγανότητας προκάλεσε μείωση της συνολικής εισερχόμενης ακτινοβολίας ενώ παράλληλα αυξήθηκε η θερμοκρασία, καθώς και η σχετική υγρασία. Τα παραπάνω θεωρούνται αναμενόμενα αν αναλογιστεί κανείς ότι στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται παρόμοια αποτελέσματα (Berlinger et.al., 1998; Munoz et. al. 1999; και Miguel et. al 1998; Bartzanas et. al. 2001)

4.2.2 Σχέση ηλιακής ακτινοβολίας και ξηράς ουσίας

Ο Cockshull et.al. 1992, υπολόγισε την αύξηση της ξηράς βιομάζας σε σχέση με το άθροισμα της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα της εργασίας τους βρίσκονται σε αναλογία με την εξίσωση που προκύπτει από τη συσχέτιση της ξηράς ουσίας των φυτών με την εισερχόμενη ακτινοβολία στο (NET), ενώ αντίθετα στο (CON) τα αποτελέσματα παρουσιάζουν κάποια απόκλιση με τη συγκεκριμένη βιβλιογραφική αναφορά στο βάρος της παραγόμενης βιομάζας σε σχέση με την ακτινοβολία. Στα ίδια συμπεράσματα με τον Cockshull et.al. 1992, κατέληξε και ο De Koning (1989 and 1993).

Με βάση την εξίσωση αυτή και όπως παρουσιάστηκε, το σύνολο της παραγόμενης ξηράς ουσίας των φυτών ανά m^2 εδάφους ήταν μεγαλύτερο στο (NET) σε σχέση με το (CON). Αυτό σημαίνει πως για το ίδιο ποσό εισερχόμενης ακτινοβολίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων το θερμοκήπιο με το δίκτυ παρουσιάζεται περισσότερο αποτελεσματικό στην παραγωγή ξηράς ουσίας. Με βάση τις εξισώσεις που προκύπτουν είναι δυνατόν να προβλεφθεί η παραγόμενη βιομάζα στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

4.2.3 Σχέση θερμοκρασίας και ξηράς ουσίας

Από το αποτέλεσμα της συσχέτισης ξηράς ουσίας και θερμοκρασίας φαίνεται πως το θερμοκήπιο χωρίς δίκτυ (CON) παράγει μεγαλύτερο ποσό ξηράς βιομάζας για το ίδιο άθροισμα θερμοκρασίας. Αυτό είναι αναμενόμενο αν αναλογιστεί κανείς πως το θερμοκήπιο με το δίκτυ (NET) παρουσιάζεται από τα αποτελέσματα θερμότερο από ότι το (CON) και κατά συνέπεια τα φυτά παρουσιάζουν δυσκολίες στην ανάπτυξή τους λόγω “stress”.

5 Συμπεράσματα

Από την ανάλυση της παρούσας εργασίας, τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα παρακάτω:

1. Η χρήση του δίχτυου εντομοστεγανότητας προκάλεσε μικρές διαφορές στο κλίμα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου σε σχέση με το μάρτυρα, χωρίς η μεταβολή αυτή του κλίματος να προκαλέσει σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη της καλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα, στο θερμοκήπιο με το δίχτυ η εισερχόμενη ακτινοβολία ήταν για το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε το πείραμα, κατά 13,26% μικρότερη σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ η σχετική υγρασία δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές. Τέλος, η θερμοκρασία στο θάλαμο με το δίχτυ ήταν μεγαλύτερη κατά 2 – 3°C.
2. Η επίδραση του δίχτυου δεν προκάλεσε σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών και για όλες τις παραμέτρους που μετρήθηκαν όπως στο ύψος του φυτού και στον αριθμό των παραγόμενων φύλλων, κόμβων, ανθέων και καρπών. Επίσης, η εκτιμώμενη φυλλική επιφάνεια και ξηρά ουσία των φυτών κυμάνθηκε στα ίδια περίπου επίπεδα χωρίς σημαντικές διαφορές.
3. Ο θάλαμος με χωρίς το δίχτυ εντομοστεγανότητας (CON) παρουσιάζεται περισσότερο αποτελεσματικός στην παραγωγή ξηράς ουσίας σε σχέση με το (NET).

6 Βιβλιογραφία

- Acock, B., D.A.Charles-Edwards, D.J., Fitter, D.W.Hand, L.J.Ludwig, J. Warren Wilson, and A.C.Withers, (1978). The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: an experimental comparison of two canopy models. *J. Exp. Bot.*, 29: 815 – 27.
- Aikman, D.P., (1989). Potential increase in photosynthetic efficiency from the redistribution of solar radiation in a crop. *J. Exp. Bot.*, 40: 855 – 864.
- Ανώνυμος (1999). Στατιστικά στοιχεία για τα θερμοκήπια και τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. *Γεωργία και Κτηνοτροφία*, Τεύχος 9: 6 – 16.
- Baker et.al., (1993). Screening as part of insect and disease management in the greenhouse. *N.C.Flower Growers Bulletin* 38(4), 12-17.
- Baker et.al., (1996). Insect Screening. In W. Banner and M. Klopmeier (eds). *New Guinea Impatiens*.
- Bartzanas, T., T.Boulard, C.Kittas, (2001). Numerical simulation of the airflow and temperature distribution in a tunnel greenhouse equipped with insect-proof screen in the openings. *Comp. and Electr. in Agric*: In Press.
- Bell, M.L.and J.R. Bakker (1997). Choose a greenhouse screen based on its pest exclusion efficiency. *N.C.Flower Gowers 'Bulletin* – April 42 (2): 7-13.
- Berlinger, and Lebiush-Mordechai, (1995) Physical Methods for the control of *Bemisia*. In: *Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage Control and management*, Anonymous Intercept Ltd, Andover, p. 617-634
- Berlinger, M. J., Leiush-Mordechi, S, and Rosenfield, J (1996). State of the art and the future of IPM in geenhouse vegetables in Israel. IOBC/WPRS Bull 19(1), 11-14. Proc. Working Goup “Integated Control in Glasshouses”, Vienna, Austria, 19-23 May.
- Bethke, J. A (1994). Considering installing screening ? This is what you need to know. *Greenhouse Manager* April 1994, 34-38.
- Bethke, J.A. and T.D.Paine (1990). Screen hole size and barriers for exclusion of insect pests of glasshouse crops. *J. Entomol Sci* 26: 169-177.
- Calvert A. and Slack (1975). Effects of carbon dioxide enrichment on growth development and yield of glasshouse tomatoes in responses to controlled concentrations. *J. Hortic. Sci.*,50: 61-71
- Cockshull, K.E., C.J.Graves and C.R.J.Cave, 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hortic. Sci.* 67: 11 – 24.

- De Koning, A.N.M., 1989a. Development and growth of a commercially grown tomato crop. *Acta Hortic.* 260: 267 – 273.
- De Koning, A.N.M., 1993. Growth of a tomato crop. Measurements for model validation. *Acta Hortic.* 328: 141 – 146.
- Desriac, Ph (1991). The effect of pesticides on the life of greenhouse films. *Plasticulture* 1:9-16
- Gary, C., J.W. Jones, and M. Tchamitcjan (1998). Crop modeling in horticulture: state of the art. *Sci. Hortic.* 7: 3-20
- Hall, A.J., P.W. Gandar, (1996). Stochastic model for fruit growth. *Acta Hortic.* 416: 113 – 119.
- Henvelink, E., and N. Bertin, (1994). Dry matter partitioning in a tomato crop: comparison of two simulation models. *J. Hortic. Sci.*, 69: 885 – 903.
- Hunt, R., J. Warren – Wilson, D.W. Hand, D.G. Sweeney (1984). Intergated analysis of growth and light interception in winter lettuce: 1. Analytical methods and environmental influences. *Ann. Bot* 54: 743 – 757.
- Ioslovich, I., and I. Seginer (1996). Normalized costate variable for seasonal optimization of greenhouse tomato production. In: R.U. Larsen (ed) Proc Int. Workshop on Greenhouse Crop Models. *Acta Hortic.* 417 1996, 87 – 97pp.
- Jones, J.W., E. Dayan, L.H. Allen, H. van Keulen, H. Chala, (1991). A dynamic tomato growth and yield model (TOMGO). *Trans. ASAE* 34: 663 – 672.
- Kosmos, S.R., G.L. Riskowski, L.L. Christianson, (1993). Force and static pressure resulting from airflow through screens. *Trans. ASAE* 36, 1467 – 1472.
- Martin-Clonaire, R., K. Kovats, M.J. Cros, (1993). Determination of greenhouse climate setpoints by SERRISTE-the approach and its object-oriented implementation. *AI Applicat.*
- Miguel, A.F., A.M. Silva (2000). Porous materials to control climate behaviour of enclosures: an application to the study of screened greenhouses. *Energ. and Build.* 31: 195 – 209.
- Miguel, A.F., N.J. Van De Braak, A.M. Silva, and G.P.A. Bot (1998). Free-convection heat transfer in screened greenhouses. *J. Agric. Engng. Res.* 69: 133-139
- Miguel, A.F., N.J. Van De Braak, and G.P.A. Bot (1997). Analysis of the airflow characteristics of greenhouse screening materials. *J. Agric. Engng. Res.* 67: 105-112.
- Monteith, J.L., (1976). Spectral distribution of light in leaf and foliage. In: H. Smith (Ed), *Light and Plant development*, Butterworth, London, pp. 447 – 460.
- Monteith, J.L., (1977). Climate and efficiency of crop production in Britain. *Trans. R. Soc., London, B*, 282: 277 – 284.

- Montero, J.I., P.Munoz, A.Anton, 1996. Discharge coefficients of greenhouse windows with insect-proof screens. *Acta Hortic.* 443: 71 – 77.
- Munoz P, J.I. Montero, A. Anton, F. Giuffrida (1999)a. Effect of insect-proof screens and roof openings on Greenhouse Ventilation. *J. Agric. Engng Res.* (1999) 73, 171 - 178
- Munoz, P., J.I.Anton, A., F.Giuffrida,(1999)b. Effect of insect-proof screens and roof openings on greenhouse ventilation. *J. Agric. Eng. Res.* 73: 171 – 178.
- Munoz, P., J.I.Montero, A.Anton, F.Giuffrida, (1999)c. Effect of insect-proof screens and roof openings on greenhouse ventilation. *J. Agric. Eng. Res* 73: 171 – 178.
- Ολύμπιος, Χ. (1990). Η τεχνική της καλλιέργειας της Τομάτας στο Θερμοκήπιο. Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών. Γεωπονικό Παν/μιο Αθηνών, 1 – 5.
- Pearson, C.C., J.E.Owen, (1994). The resistance to air flow of farm building ventilation components. *J. Agric. Eng. Res.* 57: 53 – 65.
- Pearson, S., P. Handley, A. E. Wheldon (1996). A Stochastic Model of truss set in long-season tomato crop. In: R. U. Larsen (ed). Proceeding of the International Workshop on Greenhouse Crop Models. *Acta Hortic.* 417 ISHS.pp. 33 – 40.
- Sase, S., L.L.Christianson, (1990). Screening greenhouses – some engineering considerations. *ASAE Paper no. NABEC 90 – 201.*
- Teitel M (2001), The effect of insect-proof screens in roof openings on greenhouse microclimate. *J Agric Forest Meteor.* 110: 13-25.
- Teitel M., M. Barak, M. J. Berlinger, S. L. Mordechi (1997). Insect – proof Screens: their effect on Roof Ventilation and Insect Penetration. Volcani Center, Israel.
- Teitel, M., M.Barak, M.J.Berlinger, S.Lebiush-Mordechai, (1999). Insect-proof screens in greenhouses: their effect on roof ventilation and insect penetration. *Acta Hortic.* 507: 25 – 34.
- Thornley, J.H.M., D.W.Hand, J.Warren Wilson, (1992). Modeling light absorption and canopy net photosynthesis of glasshouse row crops and applications to cucumber. *J. Exp. Bot.*, 38: 389 – 400.
- Thornley, J.H.M., R.G.Hurd (1974). An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at different light integrals and CO₂ concentrations: 2. A mathematical model. *Ann. Bot.*, 38: 389 – 400.
- Wolf, S., J.Rudich, A.Maram, Y.Rekan (1986). Predicting harvesting date of processing tomatoes by simulation model. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 111: 11 – 16.

